

**Ergebnisse  
einer Langzeitstudie zur Risikofaktoranalyse  
nach Semitendinosussehnenersatzplastik des vorderen  
Kreuzbandes**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von  
Meißner, Steffen Tobias  
aus Bonn

Gießen 2012

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie

ehem. Leiter:  
Prof. em. Dr. med. H. Stürz

der Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen

Gutachter: Prof. Dr. H. Stürz

Gutachter: Prof. Dr. S. Ruchholtz

Tag der Disputation: 01. 11. 2012

**meinen Eltern gewidmet**



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Einleitung .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Anatomie, Funktion und Verletzungsmechanismus des vorderen Kreuzbandes .....</b> | <b>2</b>  |
| <b>1.2. Geschichtliche Einordnung der VKB-Chirurgie .....</b>                            | <b>5</b>  |
| <b>1.3. Wahl des Ersatzmaterials als VKB-Plastik.....</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>1.4. Fragestellungen der Studie.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2. Patienten und Methoden .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>2.1. Patienten.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>2.2. Operative Vorgehensweise .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2.3. Statistische Methoden .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3. Ergebnisse .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>3.1. Anamnestisch erhobene Daten.....</b>   | <b>25</b> |
| 3.1.1 Präoperative Daten.....  | 25        |
| 3.1.2 Postoperative Daten .....  | 27        |
| <b>3.2. Postoperative klinische Untersuchungsbefunde .....</b>                           | <b>32</b> |
| <b>3.3. Scores .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>3.4. Radiologische Auswertung.....</b>  | <b>38</b> |
| 3.4.1 Bewertung des Arthrosegrades .....   | 38        |
| 3.4.2 Impingementauswertung .....  | 44        |
| 3.4.3 Tibiale und femorale Bohrkanalplatzierung .....                                    | 45        |
| 3.4.4 Tunnelausweitung .....   | 47        |
| <b>3.5. Logistische Regression.....</b>  | <b>48</b> |
| <b>3.6 Zusammenhangsanalyse: Einzelauswertung .....</b>                                  | <b>50</b> |
| <b>3.7 Fallbeispiele .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>4. Diskussion .....</b>   | <b>57</b> |
| <b>4.1. Risikofaktorenanalyse .....</b>  | <b>57</b> |
| 4.1.1. <i>Operationsunabhängige Risikofaktoren.....</i>                                  | <i>57</i> |
| 4.1.1.a. <i>Geschlecht, Alter und BMI.....</i>   | <i>57</i> |
| 4.1.1.b. <i>Das Ausmaß der Begleitverletzungen .....</i>                                 | <i>59</i> |
| 4.1.1.c. <i>Die Wahl des Operationszeitpunkts.....</i>                                   | <i>60</i> |
| 4.1.2. <i>Operationsabhängige Risikofaktoren.....</i>                                    | <i>62</i> |

|   |       |
|---|-------|
| 4.1.2.a. Vorliegen eines radiologisch bestimmten Impingements.....      | 62    |
| 4.1.2.b. Die Ausweitung des Bohrkanals.....                             | 65    |
| 4.2. Kritische Betrachtung der Ergebnisse.....                          | 66    |
| 4.3. Fazit hinsichtlich der eingangs formulierten Fragestellungen ..... | 68    |
| 5. Zusammenfassung.....   | 72    |
| 6. Abkürzungsverzeichnis.....   | VI    |
| 7. Literaturverzeichnis.....  | VII   |
| 8. Abbildungsverzeichnis.....   | XV    |
| 9. Anhang .....   | XVI   |
| 10. Ehrenwörtliche Erklärung .....                                      | XXII  |
| 11. Danksagung .....  | XXIII |

# 1. Einleitung

Das Kniegelenk ist das am häufigsten verletzte Gelenk des menschlichen Körpers (EBERHARDT et al. 2002). Speziell bei Kontaktsportarten und im Alpinski-sport treten vermehrt Bandverletzungen des Kniegelenkes auf. Spontane, unkontrollierte Rotationsbewegungen führen insbesondere zu Rupturen des vorderen Kreuzbandes.

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) schränkt die sportliche Aktivität, die berufliche Leistungsfähigkeit und die Lebensqualität des Patienten deutlich ein. Sie stellt neben der individuellen Beeinträchtigung auch einen nicht zu vernachlässigenden sozioökonomischen Faktor dar.

In den 90er Jahren wurde die Inzidenz der Kreuzbandruptur auf 1:3500 weltweit geschätzt (MIYASAKA et al. 1991, Daniel et al. 1994, FU et al. 1999). In Deutschland treten bei einer Gesamtbevölkerung von 82 Millionen Einwohnern 26200 Kreuzbandverletzungen pro Jahr auf (1:3125/ Jahr LOBENHOFFER et al. 1999). Mit der Popularität von Trendsportarten ist auch die Inzidenz der Kreuzbandruptur stetig angestiegen. Die Gesellschaft Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin für Deutschland-Österreich-Schweiz berichtete 2007, dass in Deutschland jedes Jahr mehr als 50.000 Ersatzplastiken des vorderen Kreuzbandes durchgeführt werden. In den USA mit 300 Millionen Einwohnern gab es 2007 laut einer Studie von CRAWFORD 75.000 – 100.000 Rekonstruktionsoperationen von vorderen Kreuzbandverletzungen.

Für die Restabilisierung des Kniegelenkes durch den Ersatz des vorderen Kreuzbandes (VKB) existieren unterschiedliche Behandlungskonzepte mit dem Ziel, die ursprüngliche Leistungsfähigkeit wiederherzustellen.

Lange Zeit galt das mittlere Drittel der Patellarsehne für die VKB-Ersatzplastik als Goldstandard. Innerhalb der letzten 15 Jahre hat allerdings die Rekonstruktion des VKB mit einer autologen Semitendinosussehne (STS) deutlich an Bedeutung gewonnen.

Laut einer bundesweiten Befragung verwendeten 1994 lediglich 13,5% der chirurgisch orthopädischen Kliniken die STS als VKB-Transplantat (JEROSCH et al. 1994), wohingegen sich 2005 in einem Artikel über eine „Expertenbefragung zum Thema vorderer Kreuzbandersatz“ (JUNG und KOHN, Arthroskopie 1-2005) sechs der acht Autoren dafür aussprechen, eine Hamstringsehne primär als Ersatzmaterial zu verwenden. Zwei der Autoren verwenden primär die Patellarsehne.

Der Erfolg einer Kreuzbandersatzoperation hängt wesentlich von der korrekten Positionierung der Bohrkanäle ab (LOBENHOFFER und AGNESKIRCHNER 2005, FINK et al. 2005, PÄSSLER und HÖHER 2004, HÖHER et al. 1998). Eine schlechte Bohrkanallage kann zu Transplantatimpingement, zunehmender Transplantatlockerung, Drucküberlastung und / oder Bewegungseinschränkung des Kniegelenks führen (FINK et al. 2005, LOBENHOFFER und AGNESKIRCHNER 2005).

Unabhängig von dem Operationsverlauf stellt sich die Frage, inwieweit Risikofaktoren wie das Alter, das Geschlecht, der Body-Mass-Index des Patienten, der Schweregrad der Begleitverletzungen sowie der zeitliche Abstand zwischen Unfallereignis und operativer Stabilisierung der VKB-Ruptur das Ergebnis beeinflussen.

In der Fachliteratur existieren wenige Langzeitergebnisse zum Ersatz des VKB mittels autologer STS. Jedoch ist es gerade beim VKB-Ersatz von erheblicher Bedeutung, auf Langzeitergebnisse zurückgreifen zu können, denn in der Regel handelt es sich um Patienten, die jung und bewegungsaktiv sind und die noch mehrere Jahrzehnte nach Ersatzplastik des VKB möglichst uneingeschränkt arbeiten und Sport treiben möchten. Während kurz- oder mittelfristige Ergebnisse eine Tendenz für einen Operationserfolg aufzeigen können und in der Literatur vielfach publiziert wurden, fehlt es hingegen an Langzeituntersuchungen, die unter anderem auch Fragen zur Arthroseentwicklung nach VKB-Ruptur sowie zur Bedeutung von Bohrkanalausweitungen und deren Einfluss auf die Kniestabilität nach der VKB-Rekonstruktion beantworten sollen.

Auch die Frage ob eine Restabilisierung des Kniegelenkes langfristig der Gefahr einer Arthroseentstehung vorbeugen kann, muss mit Hilfe einer längerfristigen Beobachtung beantwortet werden.

## **1.1. Anatomie, Funktion und Verletzungsmechanismus des vorderen Kreuzbandes**

Das vordere Kreuzband (VKB) entspringt an der Innenfläche des lateralen Femurkondylus, zieht schräg durch die Fossa intercondylaris und inseriert im mittleren Anteil der Area intercondylaris.

Eine Vielzahl kleiner Faserbündel fügt sich zum VKB zusammen. Funktionell wird unterschieden in ein anteromediales „Führungsbündel“ und in posterolaterale „Sicherungsfasern“ (PETERSEN und TILLMANN 2002, PETERSEN und ZANTOP



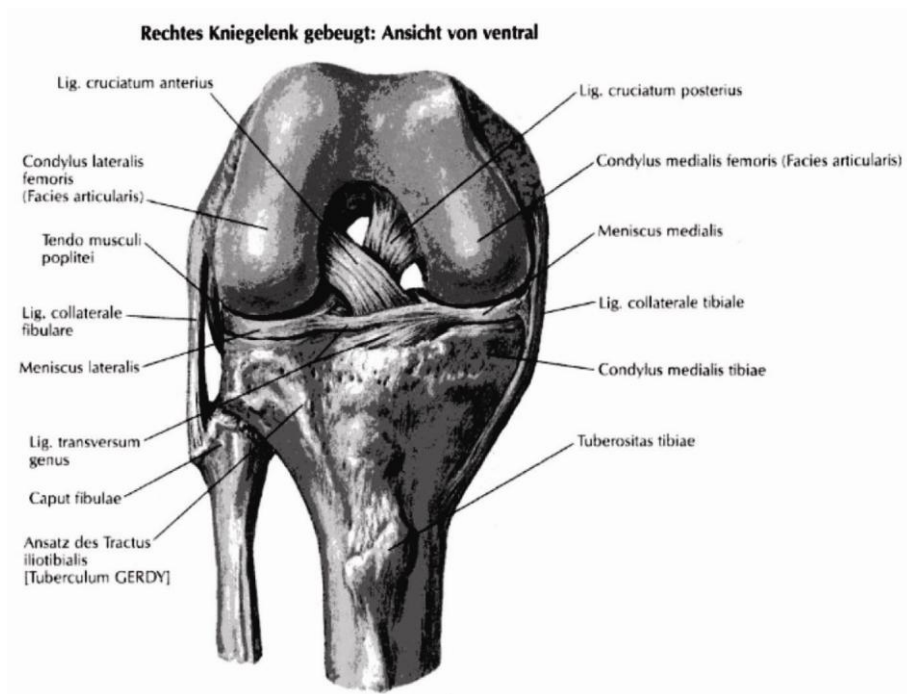
2009). IWAHASHI et al. (2008) beschreiben drei Bündel, welche das VKB bilden. Neben dem anteromedialen und posterolateralen Bündel existiere noch ein intermediäres Bündel. Die funktionelle Länge der drei Bündel ist laut dieser Studie nicht isometrisch, sondern ändert sich bei Flexion und Extension.

Hauptsächlich ist das VKB aus straffem Bindegewebe aufgebaut. Typ-I-Kollagen gewährleistet eine hohe Zugfestigkeit und Typ-III-Kollagen verleiht dem VKB eine viskoelastische Eigenschaft, um eine unterschiedliche Rekrutierung der Faserbündel in verschiedenen Stellungen des Gelenks zu ermöglichen (PETERSEN und TILLMANN 2002).

Beide Kreuzbänder bilden das Kernstück der Kniegelenkkinematik (MÜLLER 1977).

Die Hauptfunktion des VKB besteht darin, die Tibia gegen die Verschiebung nach vorn zu sichern (PETERSEN und TILLMANN 2002). Das VKB steuert gemeinsam mit dem hinteren Kreuzband (HKB) die Roll-Gleit-Bewegung des Femurs gegen die Tibia (LOBENHOFFER und AGNESKIRCHNER 2005).

Bei der Rotationssicherung wirken die Kreuzbänder als sekundäre Stabilisatoren, in der Innenrotation wickeln sie sich umeinander (PETERSEN und TILLMANN 2002). In Streckstellung liegt das VKB direkt dem Dach der Fossa intercondylaris an und begrenzt damit die Extension (STROBEL 1998). In der zur Fossa intercondylaris gewandten Oberfläche des VKB fehlt die Synovialis. Das VKB muss in diesem Bereich einem enormen Druck und hoher Schubbeanspruchung standhalten und besteht vermutlich als funktionelle Anpassung in diesem Anteil aus Faserknorpel (PETERSEN und TILLMANN 2002).



*Abb.1.1 [1]: Rechtes Kniegelenk gebeugt: Ansicht von ventral*

Bei Tätigkeiten des täglichen Lebens entstehen im Kniegelenk Kräfte des ein- bis zweifachen Körpergewichtes, beim Sport sogar des fünffachen Körpergewichtes. Diese Kraftbewältigung ist nur unter Mithilfe kniegelenkstabilisierender Muskulatur zu schaffen. Der Bandapparat und die Muskulatur des Kniegelenkes müssen ihr Zusammenspiel gut aufeinander abstimmen (ZANTOP und PETERSEN 2004).

Es existiert eine unbewusste Aktivierung von dynamischen Stabilisatoren auf mechanische Stimuli, eine sogenannte neuromuskuläre Kontrolle. Informationsquellen sind visuelle und vestibuläre Reize, sowie die Propriozeption (ZANTOP und PETERSEN 2004).

GRÜBER (1986) konnte an den knöchernen Insertionsstellen des vorderen Kreuzbandes an Femur und Tibia, sowie im subsynovialen Bindegewebe zahlreiche Mechanorezeptoren (Vater-Pacini Nervenendkörperchen) nachweisen, die die propriozeptiven Informationen registrieren. Diese Rezeptoren werden innerviert über den „posterior articular nerve“ – PAN (FREEMANN und WYKE 1967). Bei einer Dehnung des VKB kontrahieren die Mm. biceps und semimembranosus als Synergisten des VKB und beugen das Kniegelenk.

Am häufigsten verletzen sich Sportler am Kreuzband im alpinen Skisport, sowie im Rahmen von Ballsportarten mit schnellen Richtungswechseln. Bei weiblichen Sportlern ist eine erhöhte Verletzungsinzidenz aufgefallen (WALDÉN et al. 2011, TESKE et. al. 2010).

In leichter Beugung, Valgus- und Außenrotationsstellung befindet sich das vordere Kreuzband unter hoher Spannung und damit erhöht sich die Gefahr eines Kreuzbandrisses. In dieser Kniestellung haben die ischiokruralen Muskeln, die Agonisten des VKB, einen ungünstigen Hebelarm, um das Tibiaplateau nach hinten zu ziehen (ZANTOP und PETERSEN 2004).

Folgende Unfallmechanismen sind typisch für die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (KOHN et al. 2002):

- Flexions-Valgus-Außenrotationstrauma, meist mit zusätzlichem Zerreißen der medialen Kapsel-Band-Strukturen (z.B. Einfädelsturz an der Torstange beim Skifahrer)
- Flexion-Varus-Innenrotationstrauma, meist mit Verletzung der anterolateralen Kapsel-Band-Struktur (z.B. Überkreuzen der Skier)
- Hyperextensionstrauma (z.B. Sturz nach vorne ohne Auslösen der Skibindung)
- Valgustrauma mit Riss des Innenbandes (z.B. Gegenspieler fällt von außen gegen das gestreckte, feststehende Bein des Fußballers)
- Hyperflexionstrauma (z.B. Aufrichten aus tiefer Abfahrtschocke eines Skiabfahrtsläufers)

Beim Hyperflexionstrauma wird die dem VKB antagonistische Wirkung des M. quadriceps femoris deutlich. Eine maximale Kontraktion des M. quadriceps femoris kann zum Riss des VKB führen (STROBEL 1998).

## 1.2. Geschichtliche Einordnung der VKB-Chirurgie

Die Anfänge der vorderen Kreuzband-Chirurgie gehen zurück auf das Jahr 1895.

M. Robson therapierte einen Bergarbeiter mit vorderem und hinterem Kreuzbandriss mit einer **Primärnaht**. Aufgrund schlechter Langzeitergebnisse und hoher Rerupturgefahr wird diese Therapieoption heutzutage nicht mehr in Erwägung gezogen.

Als Alternativmethode rückte der **autologe Bandersatz** bereits im frühen 20. Jahrhundert in den Vordergrund. Zunächst fanden Transplantate aus Faszienstreifen des Tractus iliotibialis Verwendung.

Im weiteren Verlauf des 20. Jahrhunderts wurden in die Anwendung eines **allogenen Bandersatzes** hohe Erwartungen gesetzt. Von Tieren oder von hirntoten Menschen entnommene Sehnen transplantate wurden bei der operativen Versorgung der VKB-Ruptur in Erwägung gezogen. Hindernisse für den allogenen Bandersatz waren allerdings das Risiko der Infektionsübertragung von Viruserkrankungen wie HIV und Hepatitis C sowie die vermehrten Abstoßungsreaktionen des Immunsystems.

In den 70er und Anfang der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts erlebte die Kreuzbandchirurgie einen Boom durch die Verwendung **synthetischer Bänder**. Den anfänglich hoffnungsvollen Berichten nach den Implantationen von Kunstbändern folgten schlechte klinische Langzeitresultate mit hoher Rerupturrate, chronischen Synovialitiden und frühzeitigen Gelenkarthrosen.

Im Laufe der Entwicklung stellte sich schließlich die Überlegenheit der autologen Transplantate heraus. Die erste Beschreibung eines Knochen-Sehnen-Knochen-Transplantates der Patellarsehne ist auf die 60er Jahre zurückzuführen (EBERHARDT et al. 2002, WEILER et al. 2002). 1975 verwendete CHO erstmals die Semitendinosussehne als VKB-Ersatzplastik (CHO 1975).

Anfang der 90er Jahre galt die Operationstechnik mit Verwendung der Patellarsehne als Kreuzbandersatzplastik an den meisten orthopädischen und unfallchirurgischen Kliniken als die Methode der Wahl. Die Orthopädische Klinik der Universität Gießen gehörte zu den ersten Kliniken in Deutschland, die mit der Etablierung der Semitendinosussehne als Routinemethode zum Kreuzbandersatz Erfahrung sammelten.

Laut WEILER et al. (2002) weist die Verwendung synthetischer Bänder frühzeitig eine hohe Versagerquote auf. Auch bei Allografts zeigen sich eine etwas höhere Rerupturrate sowie ein verlängerter Remodelingprozess im Vergleich zu Autografts. Darüber hinaus ist der allogene Kreuzbandersatz wegen des Risikos der Infektionsübertragung nur Ausnahmefällen vorbehalten (WEILER et al. 2002, BURGER et al. 2000).

Somit sind auch bis heute das Verfahren mit Patellarsehnentransplantat (BPTB = bone-patella-tendon-bone) und das Verfahren mit Semitendinosussehnentransplantat (ST) als VKB-Ersatzplastik die beiden konkurrierenden operativen Methoden. In letzter Zeit werden zudem Publikationen über alternative Sehnen transplantate zur VKB-

Rekonstruktion veröffentlicht. So zeigen sich für die Quadrizepssehne (WEILER et al. 2002, ERIKSSON 2007) und die Tibialis anterior- und posterior-Sehne (ALMQVIST et al. 2009) gute Ergebnisse, auch im Langzeitverlauf.

### **1.3. Wahl des Ersatzmaterials als VKB-Plastik**

Als gängige Ersatzmaterialien des vorderen Kreuzbandes werden die autologe Semitendinosussehne einzeln oder in Kombination mit der Grazilissehne sowie die Patellarsehne in der BPTB-Technik verwendet.

In zahlreichen Studien konnten nur geringe Unterschiede der klinischen Ergebnisse dieser beiden Arten der Kreuzbandersatzplastik gefunden werden (WEILER et al. 2002, PINCZEWSKI et al. 2002, GÄBLER 2006, ZAFFAGNINI et al. 2006, HARILAINEN et al. 2006, LAXDAL et al. 2007, LIDÉN et al. 2007, AHLÉN et al. 2009, MAGNUSSEN et al. 2011). Eine gleichwertige oder höhere Reißfestigkeit als das intakte VKB zeigen alle heute gebräuchlichen Transplantate (WEILER et al. 2002, PINCZEWSKI et al. 2002). Beide Transplantatvarianten haben Vor- und Nachteile.

STROBEL (1998) und SCHILLER et al. (2005) nennen folgende Vor- und Nachteile der VKB-Rekonstruktion mit Semitendinosussehne:

#### **Nachteile der Semitendinosussehne (ST-Sehne)**

- Schwierige Entnahmetechnik durch anatomische Varianten (längere Übungsphase)
- Qualität des Transplantats (Länge und Kaliber) nicht vorhersehbar (im Gegensatz dazu ist die Patellarsehne konstant vorhanden und weist wenig anatomische Varianten auf)
- Fehlender Knochenblock, so dass die Heilung über die Sharpey-Fasern erfolgt (RODEOE et al. 1993)

#### **Vorteile der ST-Sehne**

- kleiner Schnitt (etwa 3 cm)
- Schonung des Streckapparats (M. quadriceps, Lig. Patellae und Tuberositas tibiae)
- keine Probleme im Bereich der Patellarspitze und der Tuberositas tibiae

- Hautschnitt in ruhigem Gebiet (bei BPTB-Technik wird der Hautschnitt in bewegtem Gebiet durchgeführt)
- günstiges Elastizitätsmodul (ähnlich dem des normalen VKB, im Gegensatz zum steifen Patellarsehnentransplantat)
- geringes Risiko eines Zykloppsyndroms (= Narbenbildung des Transplantats nach VKB- Rekonstruktion in der Area intercondylaris)

Einerseits soll die Kreuzbandersatzplastik dem verletzten Kniegelenk wieder Stabilität verleihen, andererseits kann eine extreme Festigkeit des Transplantats das Bewegungsausmaß des Kniegelenks einschränken.

Einen biologischen Vorteil der BPTB-Technik gewährt die Einheilung der knöchernen Enden der Patellarsehne in den ebenfalls knöchernen Bohrkanal (SCHILLER et al. 2005, WEILER et al. 2002, GÄBLER 2006). Durch die Knochenblockentnahme aus der Tibia können allerdings vermehrt Beschwerden bei knienden Tätigkeiten auftreten. Die retropatellare Schmerzsymptomatik wird laut SCHILLER et al. (2005) durch einen erhöhten Anpressdruck der Patella bei Flexion des Kniegelenks verstärkt, welcher durch die Tendenz zum Patellartiefstand aufgrund der Schrumpfung des verbliebenen Ligamentum Patellae zu erklären ist.

Verschiedene Autoren sehen die Transplantatentnahmestelle der Hamstringsehnen im Vergleich zu dem notwendigen Hautschnitt über der Tuberositas tibiae und Patellarspitze in bewegtem Gebiet bei der Entnahme des mittleren Drittels der Patellarsehne als Vorteil (STROBEL 1998, PINCZEWSKI et al. 2002, LOBENHOFFER und TSCHERNE 1993, WEILER et al. 2002, GÄBLER 2006).

Nach der Transplantation folgt ein lang andauernder Umbauprozess, die Ligamentisation. Die eingesetzte Sehnenplastik durchläuft einen Umformungsprozess und nimmt annähernd die Morphologie eines Bandes an. Dieser Prozess besteht aus Nekrose, Anschwellung, Revaskularisierung, fibroblastischer Invasion und Neusynthese von Kollagen (MARUMO et al. 2005).

Das Phänomen der Ligamentisation der eingesetzten Sehnenplastik ist nach einem Jahr abgeschlossen (MARUMO et al. 2005, STROBEL 1998). SCHEFFLER (2008) konnte noch drei Jahre postoperativ Umwandlungsvorgänge an der transplantierten Ersatzplastik beobachten.

## **1.4. Fragestellungen der Studie**

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden 8-12 Jahre nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit autologer Semitendinosussehne 52 Patienten nachuntersucht. Die in diesem Rahmen erhobenen Daten und Untersuchungsbefunde werden im Hinblick auf folgende Fragestellungen vorgestellt und bewertet:

- 1) Verhindert die operative Restabilisierung mit der Semitendinosussehnenplastik des Kniegelenkes eine vorzeitige Arthroseentwicklung?
- 2) Welche Risikofaktoren beeinflussen eine erfolgreiche Restabilisierung des Kniegelenks nach VKB-Ruptur?

## **2. Patienten und Methoden**

### **2.1. Patienten**

Die hier vorgestellten Ergebnisse nach vorderer Kreuzbandplastik mit Semitendinosussehne wurden bei Patienten der Orthopädischen Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen in dem Zeitraum vom 10.08.2005 bis zum 28.10.2005 erhoben.

**Hierzu wurden im ersten Schritt die folgenden Einschlusskriterien festgelegt:**

- Vordere Kreuzbandplastik mit Semitendinosussehne bei Instabilität des vorderen Kreuzbandes
- Operationszeitpunkt zwischen Januar 1993 und Dezember 1997

**Die Ausschlusskriterien lauteten:**

- Rerupturen in den Folgejahren
- Rupturen des vorderen Kreuzbandes an beiden Knien
- Ruptur des vorderen und hinteren Kreuzbandes
- vordere Kreuzbandplastik nach einer anderen Methode

Daraufhin wurden 149 Patienten ausgewählt und schriftlich zu einem Untersuchungstermin eingeladen. Dem Einladungsschreiben wurde ein dreiseitiger Fragenkatalog beigelegt, bestehend aus dem Score nach Noyes et al. und dem Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm (siehe 9. ANHANG).

Aufgrund der langen Zeitspanne zwischen dem Operationszeitpunkt und dem Versenden des Einladungsschreibens lagen dem Klinikarchiv zum Teil veraltete Adressen der Patienten vor. Somit waren 49 Empfänger unter der angegebenen Anschrift nicht zu ermitteln und die Briefe kehrten an den Absender zurück. Von den verbliebenen 100 Patienten erschienen 40 nicht zur Nachuntersuchung. Folgende Gründe für ihr Nichterscheinen wurden aufgeführt:

- Todesfall: 1
- keine Zeit aus beruflichen Gründen: 11
- zu große Entfernung bzw. Auslandsaufenthalt: 10
- telefonisch nicht zu erreichen: 4



- Ausschlusskriterium telefonisch abgeklärt (Reruptur): 5
- Schwangerschaft: 2
- Unzufriedenheit mit OP, keine Lust: 7

60 Patienten erschienen persönlich zur Nachuntersuchung in der Orthopädischen Klinik der Justus- Liebig-Universität Gießen. Vier Patienten sandten den ausgefüllten Fragenkatalog zurück, konnten jedoch nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen.

| <b>n = 64</b>                             | <b>Verhältnis (Ratio)</b> | <b>Durchschnitt</b> | <b>Range</b> |
|---|---------------------------|---------------------|--------------|
| <b>Geschlecht</b><br>(männlich:weiblich)  | 47:18                     |                     |              |
| <b>Alter</b><br>(OP-Zeitpunkt)            |                           | 28,7                | 15-50        |
| <b>Alter</b><br>(Untersuchungs-Zeitpunkt) |                           | 38,4                | 25-61        |

Fünf der 60 nachuntersuchten Patienten erlitten zusätzlich einen Riss des vorderen Kreuzbandes der Gegenseite in den dazwischen liegenden 8-12 Jahren. Dies ließ keine klinisch auswertbare Untersuchung der Kniegelenke zu, da hierfür ein stabiles bzw. nicht operiertes VKB der Gegenseite als Referenz vorliegen sollte. Damit wurden diese Patienten aus dem Patientenkollektiv ausgeschlossen.

Drei Patienten kamen zur Nachuntersuchung in die Poliklinik, wollten aber nicht geröntgt werden.

Demnach liegen die Nachuntersuchungsergebnisse von 52 Patienten zur eigentlichen Auswertung vor.

Die folgenden Abbildungen stellen die patientenbeschreibenden Daten dar.

|                         |                   |                   |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
|                         | Anzahl der Männer | Anzahl der Frauen |
| Summe (% an Gesamtzahl) | 38 (73,1%)        | 14 (26,9%)        |

*Abb. 2.1: Geschlechtsverteilung*

Insgesamt waren 73,1% der untersuchten Personen Männer und 26,9% Frauen.

Bei 31 (59,6%) Patienten war das rechte Kniegelenk betroffen, bei 21 (40,4%) Studienteilnehmern wurde das Kreuzband im linken Knie ersetzt.

Der jüngste Patient der Nachuntersuchung war 25 Jahre, der älteste 61 Jahre alt.

### Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation

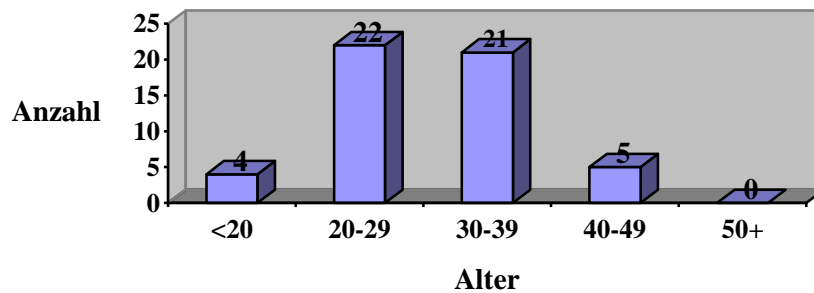


Abb. 2.2a: Altersverteilung zum OP-Zeitpunkt

### Altersverteilung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

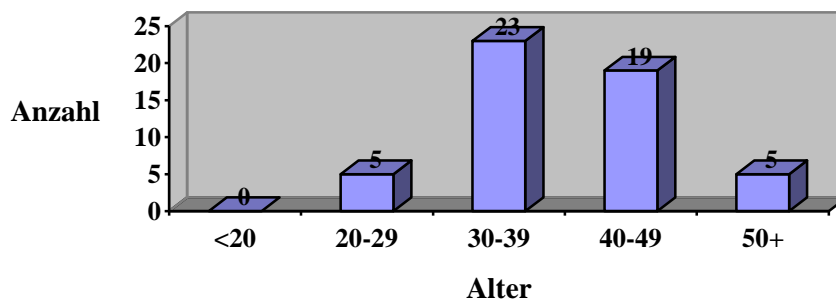


Abb. 2.2b: Altersverteilung zum Nachuntersuchungszeitpunkt

Zum Zeitpunkt der Datenerfassung war knapp die Hälfte aller beobachteten Patienten normalgewichtig, etwas mehr als ein Drittel übergewichtig und sieben Patienten adipös laut der Gewichtsklassifikation des Body-Mass-Index (=BMI).

$$BMI = \text{Körpergewicht (kg)} / \text{Körpergröße (m}^2\text{)}$$

|                                | Normalgewicht | Übergewicht | Adipositas |
|--------------------------------|---------------|-------------|------------|
| Summe (% der Gesamtzahl), n=51 | 24 (47,1%)    | 20 (39,2%)  | 7 (13,7%)  |

Abb. 2.3: Gewichtsverteilung nach BMI

Für den Operationszeitpunkt liegen nur vereinzelt Angaben zum BMI der Patienten vor, so dass ein Bezug zu den Daten der Nachuntersuchung nicht hergestellt werden kann.

## 2.2. Operative Vorgehensweise

Die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes erfolgte in der Orthopädischen Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen durch eine arthroskopisch kontrollierte Technik unter Verwendung der ipsilateralen Semitendinosussehne.

Unter Rückenlagerung des Patienten wurde die Bandlaxizität des zu operierenden Kreuzbandes mittels KT-1000<sup>TM</sup>-Arthrometer im Seitenvergleich nach Spinalanästhesie bzw. Intubationsnarkose getestet und danach die Oberschenkelblutleere angelegt. Nach Hautdesinfektion und sterilem Abdecken des Operationsgebietes wurde das Arthroskop über einen anterolateralen Zugang eingebracht und zusätzlich ein anteromedialer Arbeitszugang angelegt.

Das Gelenk wurde ausgiebig gespült und bei Zeitnähe zwischen Unfall und Operation ggf. der Hämarthros entleert. Die einzelnen Kompartimente des Kniegelenks wurden dargestellt und die Diagnose der vorderen Kreuzbandruptur gesichert.

Zunächst wurde das Arthroskop entfernt und ein vertikal verlaufender Hautschnitt (ca. 2-3 cm) ca. 1 cm distal und 1 cm medial der Tuberositas tibiae über dem Pes anserinus zur Semitendinosussehnenentnahme durchgeführt. Die Schnittführung wurde mit Durchtrennung des Subcutangewebes und der Sartoriusaponeurose vertieft und der Pes anserinus dargestellt. Nach der Freipräparation der Semitendinosussehne wurde die Sehne angezügelt und distal abgesetzt, danach mehrfach angeschlungen und mit dem Ringstripper (ringförmiges Messer) bis zum Muskelbauch gelöst. Die Sehnenlänge beträgt durchschnittlich 24 – 30 cm (STROBEL und SCHULZ, 2002 sowie EWERBECK 2007).

Nach erneutem Einbringen des Arthroskopes konnten gegebenenfalls vorliegende zusätzliche Kniebinnenschäden neben der VKB-Ruptur saniert werden, während ein Assistent die entnommene Sehne auf einem Suture-Board (Nahtbank) präparierte. Zu den Begleitverletzungen zählten Knorpelschäden, Verletzungen der Menisken und Verletzungen der beiden Seitenbänder (siehe Abb. 3.4. Zusatzverletzungen).

Die vorderen Kreuzbandstümpfe wurden mittels Shavers reseziert und ältere Verwachsungen geglättet.

Das tibiale Zielgerät wurde über einen anteromedialen Zugang eingebracht und ein K-Draht in den Ansatzbereich des vorderen Kreuzbandes von extra- nach intraartikulär eingeschossen. Entscheidend bei der Platzierung des tibialen Bohrkanals ist es, eine zu

weit anterior gelegene Position zu vermeiden, da dies zu einem Transplantatimpingement in der Notch führt (STROBEL, 1998).

Mit der entsprechenden Bohrerstärke, die der vorher ausgemessenen Stärke der präparierten Semitendinosussehne entspricht, wurde überbohrt.

Nach der transtibialen Platzierung des femoralen Zieldrahtes und Überbohrung wurde das Transplantat eingezogen.

Laut STROBEL (1998) ist von einem isometrischen Bandverlauf auszugehen, wenn sich die Distanz zwischen der tibialen und femoralen Insertion beim Flexionsvorgang ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ) nicht um mehr als 1,5 – 2 mm ändert.

Als femorale Verankerungsmethode wurde die aufpräparierte Semitendinosussehne mit einem EndoButton<sup>TM</sup> verbunden, welcher nach Durchziehen des Transplantats durch die Bohrkanäle nach Übertritt über die femorale Kortikalis quergestellt wurde. Die tibiale Fixierung des Transplantates erfolgte nach der Isometriemessung unter einer Vorspannung von 50 Nm durch eine Suture Disc<sup>TM</sup>. Alternativ wurden in einigen Fällen zur femoralen und / oder tibialen Fixation des Kreuzbandersatzes Spongiosaschrauben verwendet.

Nach ausgiebiger Spülung der Wunden und Einlage eines Redonsystems folgte der schichtweise Wundverschluss.

Ab dem 1. postoperativen Tag wurden die Patienten krankengymnastisch behandelt und mit einer Don-Joy-Schiene versorgt. In den ersten 6 postoperativen Wochen war das Bewegungsausmaß unter Vollbelastung durch die Don-Joy-Schiene auf  $10^{\circ}$  Streckhemmung und  $90^{\circ}$  Beugehemmung und von der 7. bis 12. postoperativen Woche auf  $0-0-90^{\circ}$  beschränkt. Danach war das Bewegungsausmaß frei.

## **2.3. Statistische Methoden**

Einerseits werden zur genaueren Beschreibung der Patienten epidemiologische Daten aufgeführt, z.B. Geschlecht, Gewicht, Größe, Alter zum Zeitpunkt der Kreuzbandoperation, Alter zum Nachuntersuchungszeitpunkt für diese Studie oder damalige Unfallursache, die zum Riss des vorderen Kreuzbandes führte.

Andererseits wird der Therapieerfolg anhand von subjektiven Scores bzw. Evaluationen für die Funktionalität, die Beschwerden und das Aktivitätsniveau beurteilt. Einzelbefunde zur Bandstabilität, zur Kniebeweglichkeit, zur Funktionalität und zu

Symptomen der Transplantatentnahmestelle ergänzen die Gesamtbeurteilung. Mit Hilfe der Röntgentechnik ist ein Vergleich des unmittelbar postoperativen und zum Zeitpunkt dieser Nachuntersuchung abgelichteten Kniegelenks aufstellbar.

### **Anamnesebogen**

Auf dem Anamnesebogen (siehe 9. ANHANG) wurden das Datum des Unfalls, das Datum der Operation, die Unfallursache, die Begleitverletzungen neben der Ruptur des vorderen Kreuzbandes, die Folgeverletzungen und Folgeoperationen nach der ersten Kreuzbandrekonstruktion vermerkt. Die Patienten wurden zu einer Einschätzung ihres Aktivitätsniveaus vor dem VKB-Riss und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gebeten. Hierfür ordneten sie sich in eine der 4 vorgegebenen Kategorien ein.

### **Aktivitätsscores**

Spezifiziert wird die subjektive Zufriedenheit der Studienteilnehmer durch den Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm und den Score nach Noyes et al. (siehe 9. ANHANG). In den Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm gehen sowohl sportliche als auch berufliche Aktivität mit ein. Der Score nach Noyes et al. ist in fünf Themenblöcke untergliedert und befasst sich mit dem Auftreten von Schmerzen, Schwellungen, Giving-way, Aktivitätslevel und der Funktion des operierten Kniegelenks (KRÄMER und MAICHL, 1993).

### **Evaluationsbogen des IKDC**

Der Evaluationsbogen des IKDC (siehe 9. ANHANG) ist in acht Problembereiche eingeteilt. Jeder Parameter kann als „normal“, „fast normal“, „abnormal“ und „stark abnormal“ eingestuft werden.

Für die Qualifikation zählen nur die ersten 4 Bereiche: subjektive Beurteilung durch den Patienten, Symptome, Bewegungsumfang und Untersuchung des Bandapparates. Die schlechteste Qualifikation innerhalb jeder Gruppe ergibt die Gruppenqualifikation. Die schlechteste Gruppenqualifikation entspricht der Gesamtqualifikation.

Die übrigen vier Bereiche sind gegliedert in kompartimentale Befunde, Symptome bei der Transplantatentnahmestelle, Röntgenbefund und Funktionstest. Diese letztgenannten vier Bereiche müssen lediglich dokumentiert werden, zählen aber nicht für die Gesamtbeurteilung. (HEFTI und MÜLLER, 1993)

### **Test der Funktionsstabilität**

Die Straffheit der Kreuzbandersatzplastik wurde geprüft, indem die Patienten aufgefordert wurden eine Kniebeuge durchzuführen. Ein solcher Test wird in der Fachliteratur nicht beschrieben. Für diese Studie wurde festgelegt, dass die Kniebeuge erfolgreich bewertet wurde, wenn sie vollständig ohne Seitenunterschied und ohne Beeinträchtigung vorgezeigt wurde.

### **KT-1000<sup>TM</sup>-Messung**

Neben den wichtigen Untersuchungsmethoden zur Prüfung der Bandstabilität im Rahmen der IKDC-Auswertung bietet die instrumentelle Stabilitätsmessung mit dem KT-1000<sup>TM</sup> Knee Ligament Arthrometer (MEDmetric<sup>®</sup>, San Diego, California) eine zusätzliche und exakte Beurteilung der Festigkeit der vorderen Kreuzbandersatzplastik. Bei einer definierten eingesetzten Kraft von 67 N, 89 N, 134 N und maximalem Kraftaufwand ist einerseits die Laxizität der vorderen Kreuzbandersatzplastik bzw. andererseits die Laxizität des VKB der unverletzten Gegenseite an einer kontinuierlichen Ergebnisskala ablesbar und somit vergleichbar. Die gemessene Seitendifferenz bei maximalem Kraftaufwand wird in mm angegeben.

Beurteilt wird die anteriore Verschiebbarkeit des Unterschenkels gegen den Oberschenkel.

Das KT-1000<sup>TM</sup> Arthrometer ist das Untersuchungsinstrument zur Stabilitätsmessung des VKB, über das die größten Erfahrungen vorliegen. Dessen Sensitivität und Spezifität wurde auch statistisch in größeren Serien überprüft (ANDERSON et al., 1992).

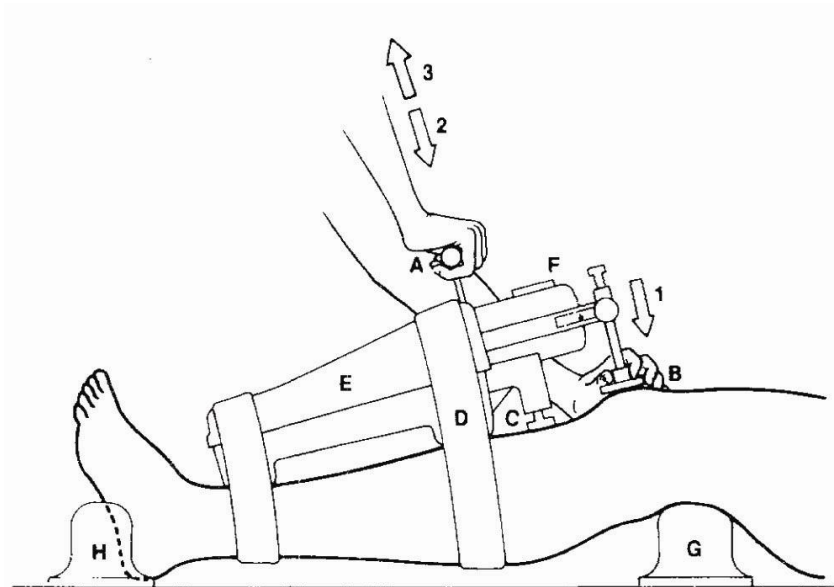


Abb. 2.3[2]: KT-1000<sup>TM</sup> Arthrometer. A, Handgriff zur Kraftübertragung [ (2) Kraftausübung posterior oder (3) Kraftausübung nach anterior]. B, patellare Sensorfläche mit konstantem Druck (1) zur Stabilisierung der Patella. C, tibiale Sensorfläche. D, Befestigungsbänder mit Klettverschluss. E, Arthrometer-Gehäuse. F, Anzeigeskala in mm. G, Oberschenkeluntersatz. H, Fußhalter.

### Röntgenauswertung

Zu jedem Patienten liegt eine a. p.-, eine lateral- und eine Patellartangentialaufnahme des verletzten Kniegelenkes unmittelbar nach der VKB-Rekonstruktionsoperation vor. Zudem wurden bei der Nachuntersuchung drei Röntgenaufnahmen desselben Kniegelenkes in derselben Röntgentechnik angefertigt.



Abb.2.4a: Positionierung des Patienten und des Röntgengerätes für die laterale Röntgenaufnahme des operierten Kniegelenkes



*Abb.2.4b: Knieposition für die a. p.-Aufnahme*



*Abb. 2.4c: Position zur Patellartangentialaufnahme*

Die Röntgenauswertung umfasst eine Beurteilung der Arthroseentwicklung mittels des modifizierten Fairbank-Scores und der Klassifikation nach Jäger und Wirth:

#### **a) Modifizierte Fairbank-Skala**

- 0 keine Veränderungen
- 1 subchondrale Sklerose und Abflachung der Gelenkflächen, beginnende Osteophytenbildung
- 2 ausgeprägte Osteophytenbildung
- 3 Verengung des Gelenkspalts

(FINK C, HOSER C, BENEDETTO KP, 1994)



## **b) Klassifikation nach Jäger und Wirth**

### **Grad 1**

Initiale Gonarthrose mit angedeuteten Ausziehungen der Eminentia intercondylaris und der gelenkseitigen Patellarpole

### **Grad 2**

Mäßige Gonarthrose mit Ausziehungen auch an den Tibiakonsolen, mäßige Verschmälerung des Gelenkspalts und beginnende Abflachung der Femurkondylen. Mäßige subchondrale Sklerosierung

### **Grad 3**

Mittelgradige Gonarthrose mit hälftiger Verschmälerung des Gelenkspalts, deutlicher Entrundung der Femurkondylen, osteophytärer Randwulstbildung an den Tibiakonsolen, der Eminentia intercondylaris, den Innenkanten der Femurkondylen und den gelenkseitigen Patellarpolen.

Ausgeprägte subchondrale Sklerosierung

### **Grad 4**

Ausgeprägte Gonarthrose. Gelenkdestruktion mit ausgeprägter Verschmälerung bis Aufhebung des Gelenkspalts und unruhiger Randkontur. Zystische Veränderungen an Tibiakopf, Femurkondylen und Patella. Subluxationsstellung des Femurs gegenüber der Tibia

(JÄGER M, WIRTH CJ, 1986)

In die IKDC-Bewertung ist zusätzlich eine Röntgenbeurteilung integriert. Der Gelenkspalt wird im patellofemorale, medialen und lateralen Kompartiment getrennt voneinander befundet:

|                  |   |
|------------------|---|
| „normal“         | = Gelenkspalt > 4 mm breit  |
| „fast normal“    | = minimale Arthrosezeichen<br>(kleine Osteophyten, eine leichte Sklerose<br>oder eine leichte Abflachung der Femurkondylen)<br>ohne Gelenkspaltverminderung |
| „abnormal“       | = Gelenkspaltbreite von 2 - 4 mm  |
| „stark abnormal“ | = Gelenkspaltbreite von weniger als 2 mm  |

(HEFTI F, MÜLLER W, 1993)

Ein pathologischer Kontakt bzw. Engpass zwischen Transplantat und Interkondylendach, ein sogenanntes „Impingement“, tritt auf, wenn das Transplantat zu weit ventral an der Tibia oder zu hoch femoral platziert ist (BOSZOTTA H, 2005). Das Impingement wurde in lateraler Aufnahme in voller Streckung nach der Methode von Howell und Taylor (HOWELL SM, TAYLOR MA, 1993) ausgewertet. Mithilfe dieser Methode wird die tibiale Bohrkanallage beurteilt. Falls die Verlängerungslinie der Blumensaatlinie posterior zum tibialen Bohrkanal bei voller Kniestreckung lokalisiert ist, gilt das Impingement als „severe“. Liegt diese Verlängerung der Blumensaatlinie zwischen der anterioren und posterioren Begrenzung des Bohrkanals, ist das Impingement als „moderate“ definiert. Das Impingement ist „absent“ bei einer anterioren Lage der Verlängerungslinie der Blumensaatlinie zum tibialen Bohrkanal (siehe Abb.2.5: Impingement nach Howell und Taylor).

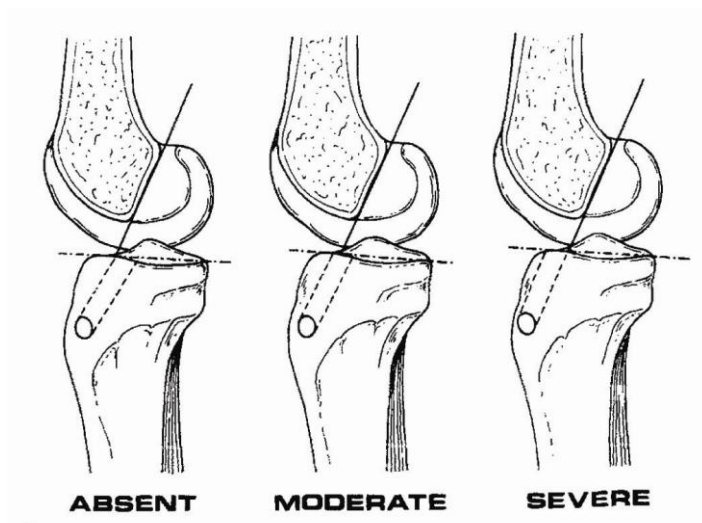


Abb. 2.5 [3]: Impingement nach Howell und Taylor

Zur Beschreibung der tibialen und femoralen Bohrkanalplatzierung wurden folgende Beurteilungsmethoden der Bohrkanallage definiert:

### **Tibialer Bohrkanal**

Dazu wird die Tibiagelenkfläche auf der lateralen Röntgenaufnahme des Knies in vier gleich breite Abschnitte unterteilt. Ausgehend von dorsal werden die Abschnitte mit I - IV benannt. Die Bestimmung der tibialen Bohrkanallage geschieht unabhängig von der Blumensaatlinie und bezieht sich ausschließlich auf die Position des Bohrkanaleingangs auf der Tibiagelenkfläche (siehe Abb.2.6a und b).



Abb. 2.6a: tibiale Bohrkanalbestimmung

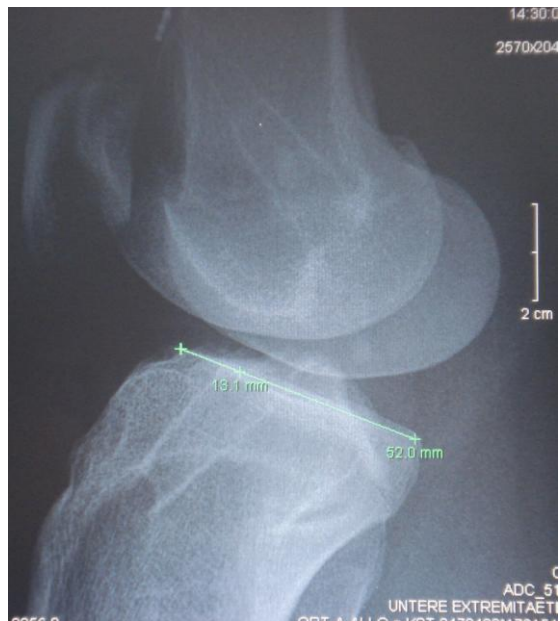


Abb. 2.6b: tibiale Bohrkanalbestimmung

### Femoraler Bohrkanal

Ähnlich dem Verfahren zur Bestimmung der Bohrkanallage in der Tibia wird die Platzierung des femoralen Bohrkanals anhand einer Orientierungslinie, hier der Blumensaatlinie, definiert.

Die Blumensaatlinie wird von distal nach proximal in drei gleich lange Abschnitte (I – III) eingeteilt. Je nach Lage der Ausgangsöffnung des femoralen Bohrkanals auf der Blumensaatlinie wird der betreffende Abschnitt festgelegt (Abb. 2.7a und b).



Abb. 2.7a: femorale Bohrkanalbestimmung

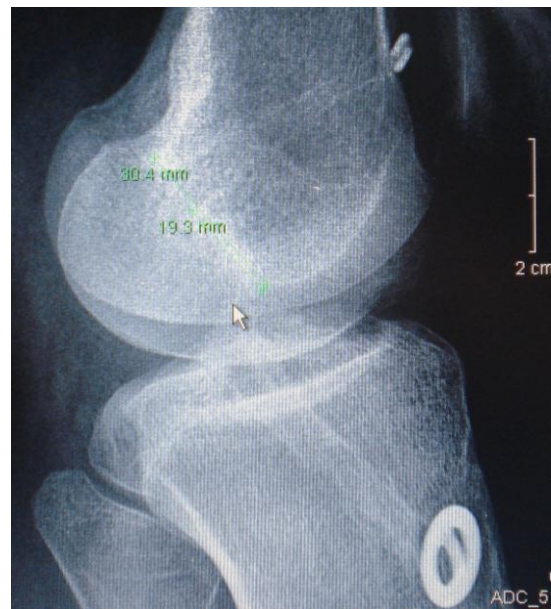


Abb. 2.7b: femorale Bohrkanalbestimmung

### Bohrkanalplatzierung nach AGLIETTI et al. (1995)

Eine weitere Art der Bestimmung der tibialen und femoralen Bohrkanalplatzierung bietet das folgende Verfahren, welches von AGLIETTI et al. (1995) beschrieben wurde:

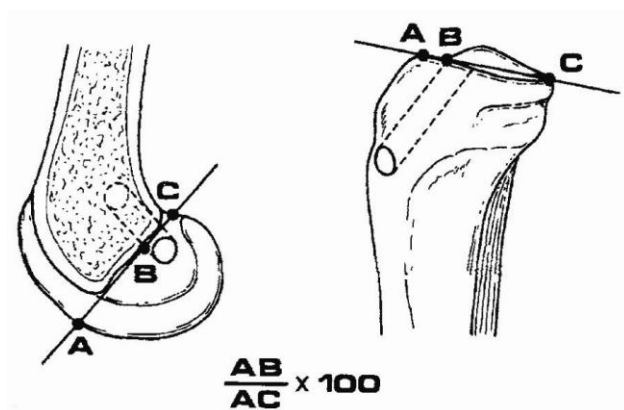


Abb. 2.8 [3]: intra-artikuläre Bohrkanalposition

Bei diesem Verfahren wird die intraartikuläre Position der Öffnung des femoralen und tibialen Bohrkanals auf der lateralen Röntgenaufnahme ausgemessen und in Prozent ausgedrückt.

Zur Bestimmung der femoralen Bohrkanalposition wird die Strecke AC durch die jeweiligen Schnittpunkte der Verlängerung der Blumensaatlinie mit den Kondylengrenzen festgelegt. Die Strecke AB ergibt sich aus der Verbindungslinie des Punktes A auf der verlängerten Blumensaatlinie mit dem vorderen Skleroserand der Bohrkanalöffnung.

Für die tibiale Lagebeurteilung des Bohrkanals bildet die Tibiagelenkfläche die Strecke AC, wobei der Punkt A die vordere Begrenzung und Punkt C die hintere Begrenzung der Gelenkfläche darstellt. Von Punkt A bis zum vorderen Skleroserand des Bohrkanals (Punkt B) auf der tibialen Gelenkfläche erstreckt sich AB.

Die Strecke AB dividiert durch die Strecke AC ergibt mit 100 multipliziert die prozentuale Lage des femoralen bzw. tibialen Bohrkanals ( $AB : AC \times 100 = \text{Lage des Bohrkanals in } \%$ ).

### Messung der Tunnelausweitung

Das Verfahren der Messung der Tunnelausweitung orientiert sich an L'INSALATA (1997). An der breitesten Stelle des Bohrkanals wurde der Abstand der Skleroseränder bestimmt.



Abb. 2.9: Ausmessung der Bohrkanalweite

Die ausgemessene Bohrkanalbreite wurde mit der Bohrerstärke laut Operationsbericht verglichen und so auf die Tunnelausweitung geschlossen. Die Differenz zwischen dem Maß des Bohrkanals zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und der im Operationsbericht beschriebenen gebohrten Tunnelweite ergab die Größe der Bohrkanalausweitung („tunnelwidening“). Die Auswertung erfolgte digital, so dass der Röntgenfaktor 1,15:1 bereits durch das Messprogramm eingerechnet wurde.

Die statistische Auswertung der Messungen bzw. Befunde in den verschiedenen Untersuchungen erfolgte unter Beteiligung des Instituts für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Die Patienten, zu denen der komplette Datensatz vorlag, wurden in die explorative Datenanalyse einbezogen.

Zur Veranschaulichung und Beschreibung der Ergebnisse sind unter Verwendung des Computerprogramms SAS V 9.1.3 (CSAS Institute, Cary, North Carolina, USA) zu jedem Parameter Tabellen und Graphiken erstellt worden.

Um den prognostischen Wert möglicher Einflussvariablen auf das Outcome der Studie - beschrieben durch den Noyes Score, das Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und die IKDC Abschlussbewertung mit Hilfe der für dieses Patientenkollektiv vorliegenden Daten - zu ermitteln, wurde im ersten Schritt unifaktoriell / univariat überprüft, ob zwischen den möglichen Einflussfaktoren und den Zielgrößen ein Zusammenhang besteht.

Anhand der Ergebnisse dieser Analyse und klinischen Überlegungen wurden Parameter ausgewählt, um mögliche Einflüsse auf das Outcome mit Hilfe einer logistischen Regression zu untersuchen.

Im Anschluss erfolgte der Fisher's exact Test zum Vergleich unverbundener, speziell ausgewählter Merkmalsausprägungen, um mögliche Hinweise auf Zusammenhänge zu finden bzw. Ergebnisse aus ähnlichen Studien zu bestätigen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Anamnestisch erhobene Daten

##### 3.1.1 Präoperative Daten

Unter Verwendung eines Fragebogens wurden retrospektiv die präoperativen Daten erhoben.

In 94,2% der Fälle führten Sportverletzungen zum Riss des vorderen Kreuzbandes. Lediglich 5,8% der Unfallursachen sind auf Alltagsaktivitäten zurückzuführen (Abb.3.1).

| Unfallursache      | n = 52; Häufigkeit (in Prozent) |
|--------------------|---------------------------------|
| Im Alltag          | 3 (5,8%)                        |
| Nicht-Kontaktsport | 25 (48,1%)                      |
| Kontaktsport       | 24 (46,1%)                      |

Abb.3.1: Unfallursache

Zu den Verletzungen im Alltag zählen: Fallen von einer Leiter, Umknicken auf einem Stein und Umknicken auf einer Treppe.

Bei den Patienten, die eine Sportverletzung erlitten hatten, fiel auf, dass sich die Frauen dieser Studie ihre Verletzung hauptsächlich beim Skifahren zuzogen, wobei sich die Männer das VKB eher bei Kontaktsportarten, besonders beim Fußballspielen, rissen.

Folgende Sportarten wurden nur einzeln genannt: American Football, Trampolin, Joggen, Squash und Schlittschuhfahren.

| Sportart                       | n = 49; Häufigkeit (in Prozent) |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Skifahren                      | 21 (42,8%)                      |
| Andere Nicht-Kontaktsportarten | 4 (8,2%)                        |
| Fußball                        | 17 (34,7%)                      |
| Handball                       | 4 (8,2%)                        |
| Basketball                     | 2 (4,1%)                        |
| American Football              | 1 (2,0%)                        |

Abb.3.2: Sportarten, die zum Riss des VKB führten

Neben dem Riss des VKB erlitten die Patienten meist Begleitverletzungen am Kniegelenk. Um den Schweregrad der Gesamtverletzung genauer einschätzen zu können, wurden die Studienteilnehmer nach Art und Anzahl der Begleitverletzungen in Gruppen von A bis E eingeteilt. Außer der Schädigung des VKB traten Knorpelschäden, Verletzungen der Menisken und Verletzungen der beiden Seitenbänder auf.

|   |  |
|---|--|
| A | Isolierte vordere Kreuzbandruptur (VKB-Ruptur)                   |
| B | VKB-Ruptur + Knorpelschaden (KS)                                 |
| C | VKB-Ruptur + 1 weitere Begleitverletzung, aber kein KS           |
| D | VKB-Ruptur + mind. 2 weitere Begleitverletzungen, eine davon KS  |
| E | VKB-Ruptur + mind. 2 weitere Begleitverletzungen, keine davon KS |

Abb. 3.3: Gruppeneinteilung der Knieverletzungen

Folgendem Diagramm (Abb.3.4) ist zu entnehmen, dass ungefähr zwei Drittel der Patienten neben dem VKB-Riss mindestens zwei zusätzliche Verletzungen aufwiesen, von denen eine Verletzung ein Knorpelschaden war (D). Insgesamt hatten 74% der Patienten zum Operationszeitpunkt eine komplexe Kniegelenksverletzung (Gruppe D und E zusammen).

Drei Patienten (6%) erlitten eine isolierte vordere Kreuzbandruptur, alle anderen Patienten hatten Begleitverletzungen bzw. Knorpelschäden.

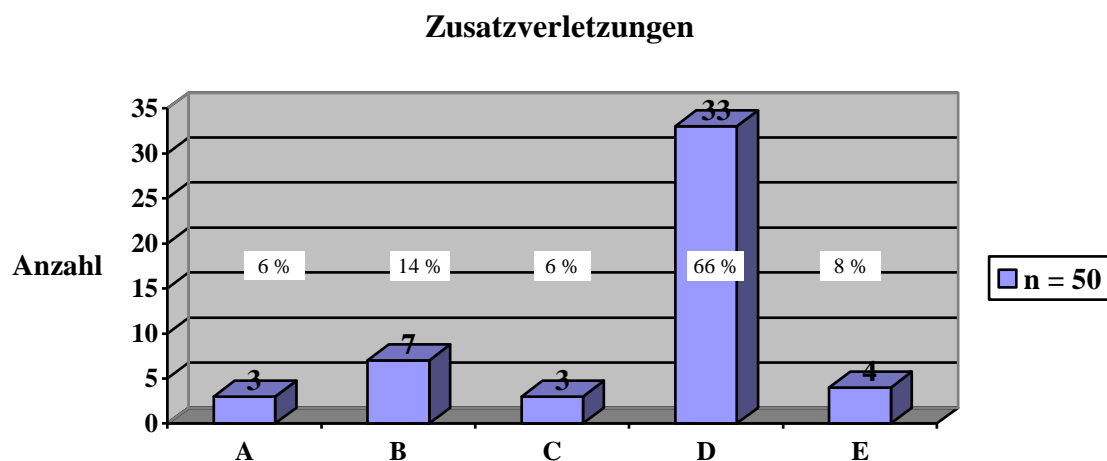


Abb.3.4: Zusatzverletzungen



Der Zeitabstand zwischen dem Unfall bzw. der Verletzung und der Operation der einzelnen Patienten ist unterschiedlich (Abb.3.5). Über die Hälfte aller Patienten wurde „akut“ versorgt, was bedeutet, dass die Operation zum Ersatz des VKB innerhalb von zwei Wochen nach dem Verletzungszeitpunkt durchgeführt wurde. Lag der Zeitraum zwischen Operation und Unfall zwischen 2 und 8 Wochen, gilt dies als „subakute“ Versorgung. Nach Ablauf von mehr als 8 Wochen spricht man von einer „chronischen“ Instabilität des vorderen Kreuzbandes. Die Begriffsdefinitionen von „akut“, „subakut“ und „chronisch“ variieren in der Literatur erheblich. Unsere Begriffsdefinition wurde in Anlehnung an den Artikel von JÄGER et al. (2005) aufgestellt.

| <b>Zeitintervall zwischen Unfall und OP</b> | <b>n = 52; Häufigkeit (in Prozent)</b> |
|---|--|
| Akut  | 28 (53,9%)                             |
| Subakut                                     | 14 (26,9%)                             |
| Chronisch                                   | 10 (19,2%)                             |

*Abb.3.5: Operationszeitpunkt in Bezug auf den Verletzungszeitpunkt*

### 3.1.2 Postoperative Daten

Die tibiale Verankerungsmethode des Kreuzbandersatzes durch die Semitendinosussehne wurde bei dem Patientenkollektiv nach zwei Verfahren durchgeführt. Zum einen wurde bei 28 Patienten (53,9%) eine Spongiosaschraube zur Verankerung eingesetzt und zum anderen erhielten 24 Patienten (46,1%) eine Suture Disc<sup>TM</sup> zur Befestigung der Ersatzplastik.

| <b>Tibiale Verankerungsmethode</b> | <b>n = 52; Häufigkeit (in Prozent)</b> |
|------------------------------------|--|
| Spongiosaschraube                  | 28 (53,9%)                             |
| Suture Disc <sup>TM</sup>          | 24 (46,1%)                             |

*Abb.3.6: Tibiale Verankerungsmethode der Kreuzbandersatzplastik*

Femoral wurden die Patienten dieser Studie mit einem Endobutton<sup>TM</sup> bzw. mit einer Spongiosaschraube als Verankerungsmaterial versorgt. Die tibialen und femoralen Verankerungsmethoden waren jeweils gelenkfern.

Das gesamte Patientenkollektiv erhielt ausnahmslos die ipsilaterale Semitendinosussehne als Kreuzbandersatzplastik. Allerdings differiert die dabei verwendete Sehnenstärke. In einem Fall kam das entnommene Sehnenpräparat als Doppelloop (2-fach-Schlinge) zum Einsatz. Überwiegend wurde den Patienten (53,9%) die Sehnenplastik als 3-fach-Schlinge angeordnet. Eine 4-fach-Schlinge wurde bei 23 Patienten (44,2%) als Sehnenersatzplastik vernäht.

| Verwendete Sehnenstärke | n = 52; Häufigkeit (in Prozent) |
|-------------------------|---------------------------------|
| 2 fach                  | 1 (1,9%)                        |
| 3 fach                  | 28 (53,9%)                      |
| 4 fach                  | 23 (44,2%)                      |

Abb.3.7: verwendete Sehnenstärke der Semitendinosus-Sehnenersatzplastik

Für die subjektive Kniebewertung im IKDC-Score hat jeder Patient die Frage beantwortet: „Wie funktioniert Ihr Knie?“

Die Patienten sollten auf einer Skala von 0 (normal) bis 3 (deutlich abnormal) beurteilen wie ihr operiertes Knie ihre Aktivität beeinflusst. Diese Frage wurde fast ausschließlich mit „normal“ oder „fast normal“ (96,2%) beantwortet. Lediglich ein Patient beurteilte die Kniefunktion seines operierten Knies als „abnormal“ und ein Patient als „deutlich abnormal“.

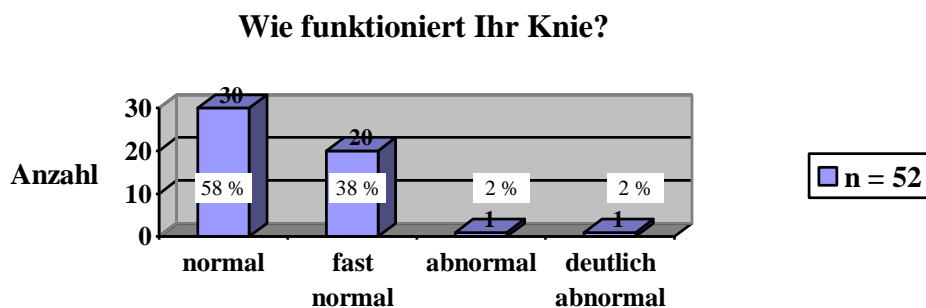


Abb. 3.8: Subjektive Bewertung der Kniefunktion

Eine zweite Fragestellung bezüglich des subjektiven Knievergleichs durch den Patienten lautete: „Wenn die Leistungsfähigkeit Ihres gesunden Knies 100% beträgt, welche Prozentzahl hat dann Ihr operiertes Knie?“

Durch eine entsprechend reduzierte Prozentangabe sollten empfundene Defizite des operierten Knies zum Ausdruck gebracht werden.

Nahezu zwei Drittel (65,5%) aller Patienten bewerteten ihr operiertes Knie zu 90 bis 100% als genauso leistungsfähig wie ihr gesundes Knie. Über 30% des Gesamtkollektivs empfanden die Leistungsfähigkeit ihrer Kniegelenke als uneingeschränkt gleichwertig. Fast ein Drittel (32,7%) der Patienten teilten ihrem operierten Kniegelenk eine Leistungsfähigkeit zwischen 70% und 85% zu. Jeweils ein Patient bescheinigte seinem operierten Knie 50% der erwarteten Funktionalität und 20 % der ursprünglichen Leistungsfähigkeit (Abb.3.9). Der Mittelwert der Leistungsfähigkeit des operierten Knies im Seitenvergleich lag bei 87,3%.

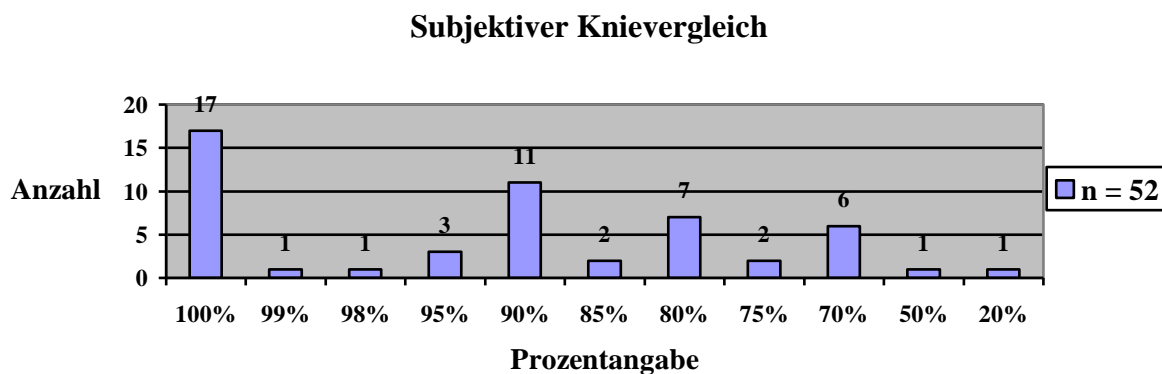


Abb.3.9: Subjektiver Knievergleich (100% = gleiche Funktionalität wie die Gegenseite)

Im Rahmen des IKDC-Bewertungsbogens gab jeder Proband sein höchstes ausgeübtes Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung an, indem er die Belastbarkeit seines operierten Knies einer von vier vorgegebenen Kategorien zuordnete:

- I. Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsport (z.B. Fußball)
- II. schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren
- III. leichtere körperliche Arbeit, Joggen, Springen
- IV. Alltagsaktivitäten, sitzende Tätigkeiten

Die für den Operierten zutreffende Kategorie ergab sich aus seinem ausgeübten höchsten Aktivitätsniveau ohne auftretende Schmerzen, ohne auftretende Schwellung und ohne Giving-way des operierten Knies.

50% (26) der Befragten konnten sich uneingeschränkt ohne Schmerzen belasten wie in Kategorie I angegeben. Lediglich 11% (6) der Patienten waren nur noch zu leichter

körperlicher Arbeit bzw. Alltagsaktivitäten ohne auftretende Schmerzen fähig (Kategorien III/IV).

| <b>Aktivitätsniveau ohne Schmerzen</b>               | <b>n = 52; Häufigkeit<br/>(in Prozent)</b> |
|--|--|
| I. Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsport | 26 (50%)                                   |
| II. schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren    | 20 (38,5%)                                 |
| III. leichtere körperliche Arbeit, Joggen, Springen  | 4 (7,7%)                                   |
| IV. Alltagsaktivitäten, sitzende Tätigkeiten         | 2 (3,8%)                                   |

*Abb.3.10: höchstes ausgeübtes Aktivitätsniveau ohne Schmerzen*

Bei der Einschätzung des jeweiligen Aktivitätsniveaus ohne auftretende Schwellung des operierten Knies klagten über 60% (33) der Befragten selbst auf höchstem Aktivitätsniveau nicht über eine Schwellung des Knies. 29% (15) der Patienten konnten schwere körperliche Arbeit, Tennis oder Skifahren (Kategorie II) ohne Anschwellen des Knies ausüben.

| <b>Aktivitätsniveau ohne Schwellung</b>              | <b>n = 52; Häufigkeit<br/>(in Prozent)</b> |
|--|--|
| I. Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsport | 33 (63,5%)                                 |
| II. schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren    | 15 (28,9%)                                 |
| III. leichtere körperliche Arbeit, Joggen, Springen  | 2 (3,8%)                                   |
| IV. Alltagsaktivitäten, sitzende Tätigkeiten         | 2 (3,8%)                                   |

*Abb.3.11: höchstes ausgeübtes Aktivitätsniveau ohne Schwellung*

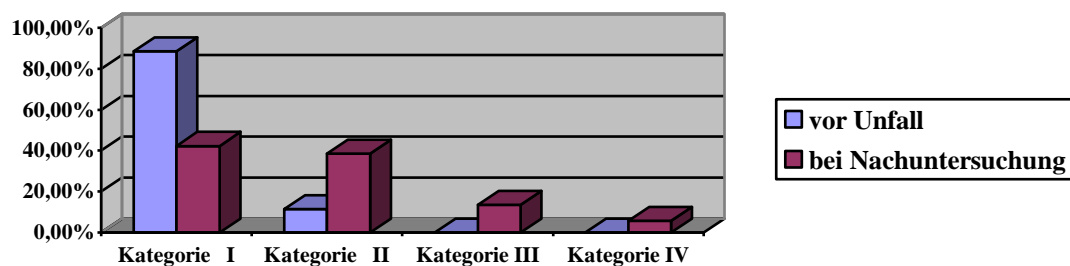
40 Probanden (76,9%) belasteten sich auf höchstem Aktivitätsniveau ohne auftretendes Giving-way des Kniegelenks. Das zweite Aktivitätsniveau erreichten 10 Studienteilnehmer (19,3%). Jeweils einem Patienten war es nur noch möglich, Aktivitäten des dritten bzw. vierten Aktivitätsniveaus ohne Giving-way auszuüben.

| <b>Aktivitätsniveau ohne Giving-way</b>              | <b>n = 52; Häufigkeit (in Prozent)</b> |
|--|--|
| I. Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsport | 40 (76,9%)                             |
| II. schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren    | 10 (19,3%)                             |
| III. leichtere körperliche Arbeit, Joggen, Springen  | 1 (1,9%)                               |
| IV. Alltagsaktivitäten, sitzende Tätigkeiten         | 1 (1,9%)                               |

Abb.3.12: höchstes ausgeübtes Aktivitätsniveau ohne Giving-way

Der Vergleich des Aktivitätsniveaus der Patienten vor der Verletzung des vorderen Kreuzbandes mit dem Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigte, dass 22 Patienten (42,3%) das höchste zu erreichende Aktivitätsniveau (I) mit belasteten Rotationsbewegungen wie im Kontaktsportbereich auch nach dem Kreuzbandersatz beibehalten konnten. Die Befragten waren allesamt vor ihrer Kreuzbandverletzung im Stande, ihren Körper uneingeschränkt (Kategorie I) bzw. 11,5% nahezu uneingeschränkt (Kategorie II) zu belasten.

#### Aktivitätsniveau vor dem Unfall und bei der Nachuntersuchung



| <b>Kategorie des Aktivitätsniveaus</b>               | <b>Vor Unfall<br/>n = 52;<br/>Häufigkeit (%)</b> | <b>Bei Nachuntersuchung<br/>n = 52;<br/>Häufigkeit (%)</b> |
|--|--|--|
| I. Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsport | 46 (88,5%)                                       | 22 (42,3%)   |
| II. schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren    | 6 (11,5%)  | 20 (38,5%)   |
| III. leichtere körperliche Arbeit, Joggen, Springen  | 0  | 7 (13,5%)  |
| IV. Alltagsaktivitäten, sitzende Tätigkeiten         | 0  | 3 (5,7%)   |

Abb.3.13a und 3.13b: Aktivitätsniveau vor dem Unfall und bei der Nachuntersuchung

Aufgrund des operierten Knies war es für 7 Probanden (13,5%) nur noch möglich, leichtere körperliche Arbeiten zu verrichten oder zu joggen (Kategorie III). Skifahren oder jegliche Kontaktsportarten waren für sie nicht mehr ausübbar. 3 Patienten (5,7%) waren soweit in ihrer Belastbarkeit des Knies eingeschränkt, dass sie nur noch Alltagsaktivitäten oder sitzende Tätigkeiten bewältigten.

Es hielten allerdings nahezu die Hälfte (24 bzw. 46,2%) aller Untersuchten ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau vor der Verletzung auch 10 Jahre nach der Rekonstruktion des VKB aufrecht.

Anhand des Anamnesebogens (siehe 8. ANHANG) wurden die nachuntersuchten Patienten befragt, ob sie in den Folgejahren nach VKB-Rekonstruktion Meniskusschäden erlitten hätten.

| <b>Meniskusschäden nach VKB-Plastik</b> | <b>n = 52; Häufigkeit (in Prozent)</b> |
|---|--|
| Keine Meniskusschäden                   | 47 (90,4%)                             |
| Innenmeniskusläsion                     | 3 (5,8%)                               |
| Außenmeniskusläsion                     | 1 (1,9%)                               |
| Innen- und Außenmeniskusläsion          | 1 (1,9%)                               |

*Abb.3.14: Meniskusschäden in Folgejahren nach VKB-Ersatzplastik*

### **3.2. Postoperative klinische Untersuchungsbefunde**

Die folgenden klinischen Untersuchungsbefunde wurden bei der Patientengruppe erhoben, die zu einem Nachunteruntersuchungstermin 8 bis 12 Jahre postoperativ in der Klinik einbestellt wurde.

Die Untersuchung orientiert sich am Evaluationsbogen des IKDC mit den folgenden Unterpunkten: Bewegungsumfang des betroffenen Knies und der Gegenseite, Untersuchung des Bandapparates des Knies, Symptome an der Transplantatentnahmestelle und dem Einbeinsprung-Funktionstest. Zusätzlich wurde der Test der Funktionsstabilität zur Prüfung der Straffheit der Kreuzbandersatzplastik durchgeführt.

Das Ausmaß der Extension und der Flexion des Kniegelenks wurde nach der Neutral-Null-Methode dokumentiert (HEFTI und MÜLLER, 1993).

Untersucht wurden die passive Extension und Flexion beider Knie im Seitenvergleich. Es ergab sich nur bei einem der 52 Probanden ein Streckdefizit von 3 – 5°. Alle anderen Patienten erreichten die volle Kniestreckung.

| Messung des Streckausfalls | n = 52; Häufigkeit (in Prozent) |
|----------------------------|---------------------------------|
| < 3 °                      | 51 (98%)                        |
| 3 – 5 °                    | 1 (2%)                          |

*Abb.3.15: Kniebeweglichkeit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung: Extensionsdefizit (IKDC-Subgruppe)*

Bei der Messung der passiven Flexion der Kniegelenke wurde der Flexionsausfall mit der Gegenseite verglichen. Hier wird ein Ausfall von mehr als 15 ° als „abnormal“ qualifiziert (HEFTI und MÜLLER, 1993).

Die Kniebeugung der Patienten betrug immer mindestens 130 °.

| Rohdaten der Messung des Flexionsausfalls | n = 52; Häufigkeit (in Prozent) |
|---|---------------------------------|
| 0 °                                       | 39 (75%)                        |
| 3 °                                       | 1 (2%)                          |
| 5 °                                       | 3 (6%)                          |
| 10 °                                      | 8 (15%)                         |
| 15 °                                      | 1 (2%)                          |

*Abb.3.16: Kniebeweglichkeit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung: Flexionsdefizit (Rohdaten) (IKDC-Subgruppe)*

| Kategorisierte Daten der Messung des Flexionsausfalls | n = 52; Häufigkeit (in Prozent) |
|---|---------------------------------|
| 0° – 5°   | 43 (83%)                        |
| 6° – 15°  | 9 (17%)                         |

*Abb.3.17: Kniebeweglichkeit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung: Flexionsdefizit (kategorisiert)*

Bei der Untersuchung der Bandstabilität des Kniegelenks erwiesen sich die Seitenbänder bei allen Probanden als stabil. Zur Prüfung der Festigkeit der vorderen Kreuzbandersatzplastik wurde mit Hilfe des Lachman-Tests, der "vorderen Schublade" und des KT-1000<sup>TM</sup> Arthrometers (MEDmetric®, San Diego, California) untersucht. Alle Patienten hatten einen festen Anschlag, so dass bei keinem der Patienten ein

erneuter vorderer Kreuzbandriss vorlag. Der Grenzwert für ein stabiles Kreuzband wurde für eine Seitendifferenz von mehr als 3 mm definiert (ISBERG et al. 2006, DANIEL et al. 1985, FRIDEN et al. 1992, MALCOLM et al. 1985).

Bei den meisten Probanden (84,6%) erwiesen sich die Kreuzbänder als stabil (Abb.3.18a und b). Bei diesen Patienten lag eine Seitendifferenz von 0 - 3 mm der "vorderen Schublade" bei maximalem Kraftaufwand vor. Für 7 Studienteilnehmer (13,5%) wurde eine Seitendifferenz von 4 – 7 mm ermittelt. Lediglich ein Patient wies eine Seitendifferenz von über 7 mm, nämlich 8 mm auf. Im Lachman-Test ergab sich allerdings ein fester Anschlag, so dass bei diesem Patienten nur von einer partiellen Insuffizienz auszugehen ist. Bei dem Patienten fanden sich keinerlei pathologische Auffälligkeiten hinsichtlich einer Fehlplatzierung der Bohrkanäle oder einer Tunnelausweitung.

| <b>KT-1000™ Score</b> | <b>n = 52; Häufigkeit (in Prozent)</b> |
|-----------------------|--|
| 0 – 3 mm              | 44 (84,6%)                             |
| 4 – 7 mm              | 7 (13,5%)                              |
| 8 mm und mehr         | 1 (1,9%)                               |

Abb.3.18a: KT-1000™ Score (Tabelle)

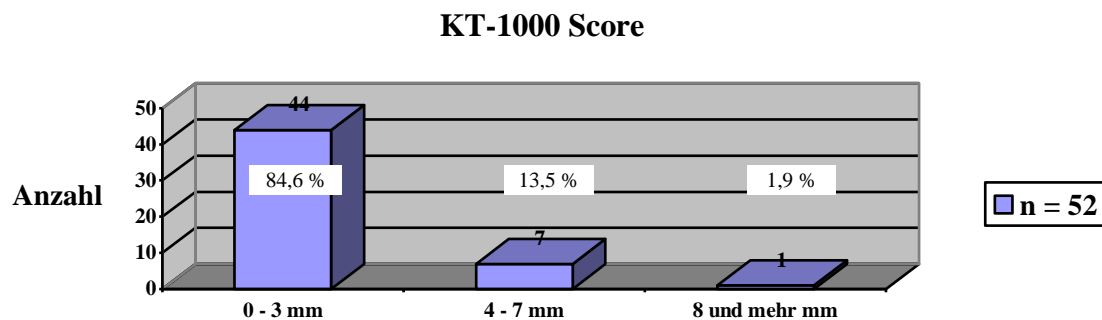


Abb.3.18b: KT-1000™ Score (Säulendiagramm)

Im Rahmen des IKDC-Evaluationsbogens wurden die Probanden nach Symptomen wie Druckdolenz, Irritationen und Gefühlsstörungen im Bereich der Transplantatentnahmestelle befragt. Die Sensibilitätsstörungen wurden im Seitenvergleich beurteilt (Abb.3.19). Zwei der befragten Personen machten hierzu keine Angabe.



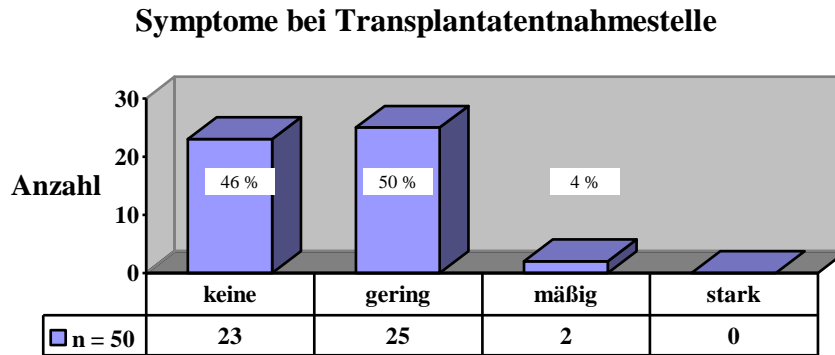


Abb.3.19: Symptome bei Transplantatentnahmestelle (IKDC-Subgruppe)

Als Funktionstest der Kniestabilität wurde ein Einbeinsprung durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in 4 Kategorien orientiert am IKDC-Evaluationsbogen dokumentiert (Abb.3.20).

Ein Proband traute sich den Sprungtest nicht zu und verweigerte die Ausführung.

| Funktionstest: Einbeinsprung | n = 51; Häufigkeit (in Prozent) |
|------------------------------|---------------------------------|
| „normal“, 90 – 100%          | 42 (82,4%)                      |
| „fast normal“, 76 – 89%      | 9 (17,6%)                       |
| „abnormal“, 50 – 75%         | 0                               |
| „deutlich abnormal“, < 50%   | 0                               |

Abb.3.20: Funktionstest: Einbeinsprung (IKDC-Subgruppe)

Jeder Patient wurde zusätzlich aufgefordert, eine Kniebeuge durchzuführen. 82,6% (43) der Probanden bewältigten die Kniebeuge ohne Beeinträchtigung (Abb.3.21). Bei 17,3% (9) der Untersuchten traten Beschwerden wie Schmerzen oder Schwächegefühl auf, bzw. eine ausreichende Kniebeugung des operierten Knies war nicht möglich.

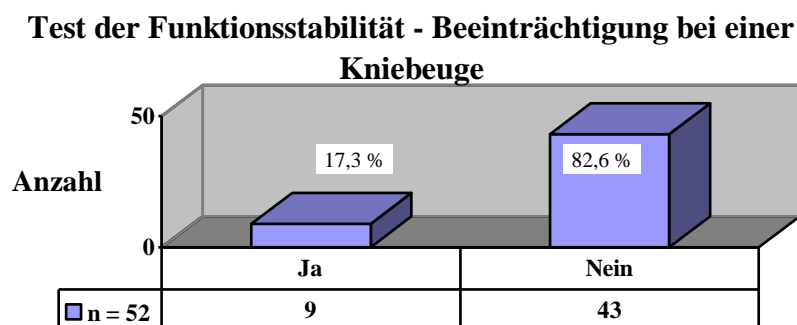


Abb. 3.21: Test der Funktionsstabilität - Beeinträchtigung bei einer Kniebeuge

### 3.3. Scores

Die Ergebnisse beziehen sich bei allen ausgewerteten Scores immer auf den Zustand der Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 8 – 12 Jahre nach der Knie-OP.

#### IKDC-Score

Die IKDC-Abschlussbewertung richtet sich nach der schlechtesten Bewertung in einer der ersten vier Untergruppen des IKDC-Evaluationsbogens: subjektive Beurteilung durch den Patienten, Symptome, Bewegungsumfang und Untersuchung des Bandapparates.

Bei dem Großteil (82,7%) der Patienten wurde das operierte Knie im Vergleich zum funktionstüchtigen anderen Knie als „normal“ oder „fast normal“ bewertet (Abb.3.22). Für 13,5% der Studienteilnehmer ergab sich die Kategorie „abnormal“, und 2 Patienten (3,8%) hatten ein „deutlich abnormales“ Ergebnis.

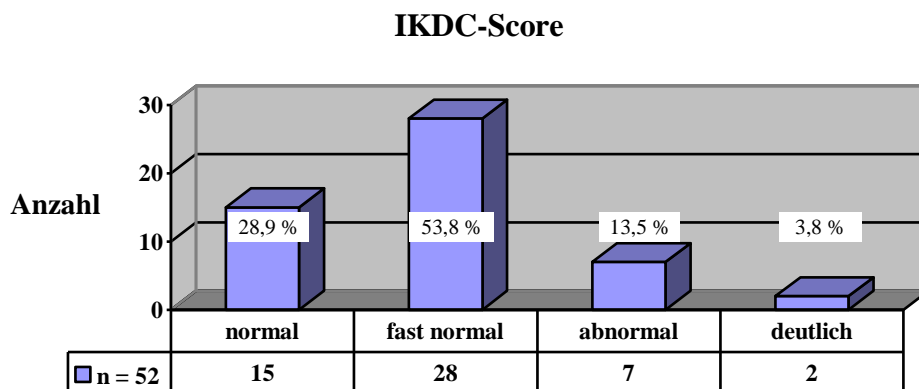


Abb.3.22: IKDC-Abschlussbewertung

#### Score nach Noyes et al.

##### (Cincinnati Sportsmedicine and Orthopaedic Center-Score)

Die maximale Punktzahl dieses Scores beträgt 100. In der Gesamtgruppe (n = 52) hatten ähnlich wie beim IKDC-Score 84,6% mit 90 - 100 Punkten ein „sehr gutes“ Ergebnis oder mit 80 - 89 Punkten ein „gutes“ Ergebnis. Jeweils 7,7%, also 4 Teilnehmer, erzielten ein „mäßiges“ (70 – 79 Punkte) oder „schlechtes“ (< 70 Punkte) Ergebnis bei diesem Score.

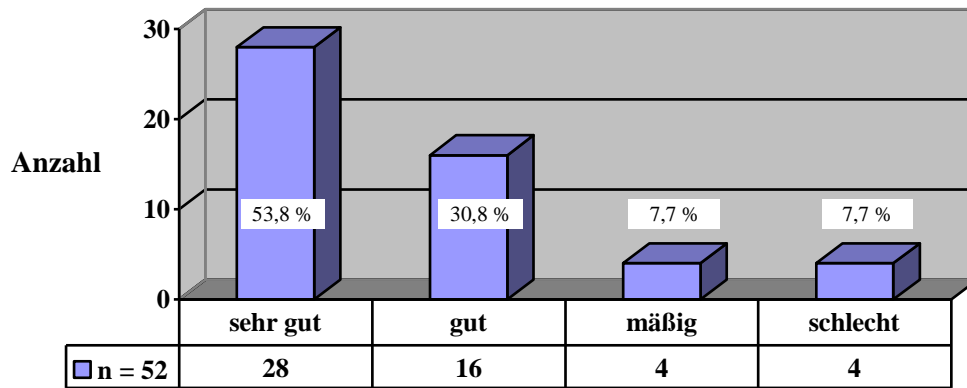


Abb.3.23: Score nach Noyes et al.

### Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm

Dieser Score untergliedert 11 unterschiedliche Aktivitätslevel (0-11). Sowohl der unterste, als auch der höchste Level des Aktivitätsscores (Wettkampfsport: Fußball auf nationalem und internationalem Niveau) wurde von keinem Probanden erreicht. Nahezu 70% bzw. 36 Studienteilnehmer ordneten sich in den mittleren Aktivitätslevels 4 – 6 ein. Sie treiben in ihrer Freizeit regelmäßig Sport, beispielsweise Joggen, Radfahren bis hin zu Ballsportarten und Abfahrtsskilachen. Somit ergab sich ein Mittelwert von 5 in diesem Score. 4 Patienten war es trotz Kreuzbandersatzplastik möglich, Wettkampfsport im Fußball, Eishockey, Wrestling oder Turnen zu betreiben und sie belegten damit den Aktivitätslevel 9.

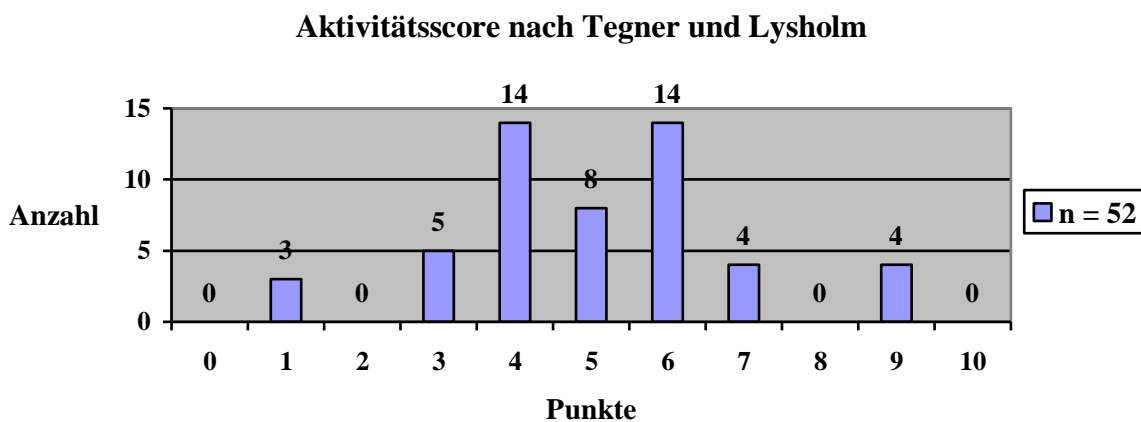


Abb.3.24: Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm

**Legende:**

0. Krankenschein oder Frührentner wegen der Knieverletzung
1. Arbeit: sitzende Tätigkeit, Spazieren gehen auf ebenem Grund ist möglich
2. Arbeit: lockere Tätigkeit Spazieren auf unebenem Grund ist möglich, allerdings ist ein Waldspaziergang unmöglich
3. Arbeit: lockere Tätigkeit (z.B. Krankenpflege)  
In gelenkschonenden Sportarten, z.B. Schwimmen sind Wettkämpfe möglich  
Spazieren gehen im Wald ist kein Problem
4. Arbeit: mäßig schwere Arbeiten (z.B. LKW-Fahrer, schwere Hausarbeit)  
Breitensport: Fahrradfahren, Skilanglauf, Joggen auf ebenem Grund  
mindestens 2 mal wöchentlich
5. Arbeit: Körperlich schwere Arbeit (z.B. Bauarbeiter, Forstwirtschaft)  
Wettkampfsport: Fahrradfahren, Skilanglauf  
Breitensport: Joggen auf unebenem Grund mindestens 2 mal wöchentlich
6. Breitensport: Tennis und Badminton, Handball, Basketball, Alpinski, Joggen  
mindestens 5 mal wöchentlich
7. Wettkampfsport: Tennis, Leichtathletik (Laufen), Motocross, Handball, Basketball  
Breitensport: Fußball, Squash, Leichtathletik (Weitsprung, Hochsprung),  
Querfeldeinlauf entweder Breitensport oder Wettkampf
8. Wettkampfsport: Squash oder Badminton, Leichtathletik (Sprungdisziplinen),  
Alpinski
9. Wettkampfsport: Fußball, Ringen, Turnen, Eishockey
10. Wettkampfsport: Fußball auf nationaler oder internationaler Ebene

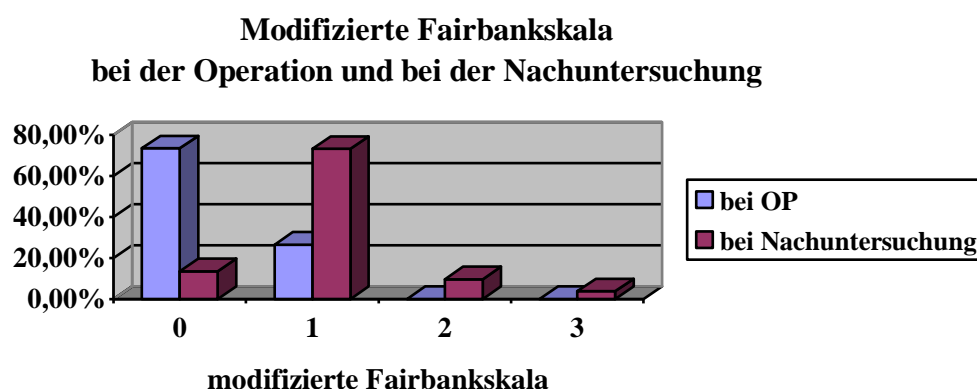
### **3.4. Radiologische Auswertung**

#### **3.4.1 Bewertung des Arthrosegrades**

Die Bewertung des Arthrosegrades erfolgte anhand der modifizierten Fairbankskala sowie der Klassifikation nach Jäger/Wirth.

Unmittelbar postoperativ nach Einsetzen des Transplantates wiesen 36 Patienten (73,5%) einen altersentsprechenden Röntgenbefund auf, ohne Veränderungen des Gelenkspalts oder Osteophytenbildung. Dies entspricht nach modifizierter Fairbankskala der Einteilung „0“. Bei den verbleibenden 13 Untersuchten (26,5%) zeigte sich eine subchondrale Sklerose und eine Abflachung der Gelenkflächen bzw. eine beginnende Osteophytenbildung. Dies wird nach modifizierter Fairbankskala mit „1“ eingeteilt. Bei fast Zweidrittel der Patienten (32 Patienten, 65,3 %) ergab sich bei

der radiologischen Auswertung eine Verschlechterung des Arthrosegrades innerhalb des Zeitraums von 8 bis 12 Jahren zwischen der Operation und der Nachuntersuchung. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung stellte sich heraus, dass nur noch 7 Studienteilnehmer (13,5%) einen Röntgenbefund ohne degenerative Veränderungen des Gelenkspalts aufwiesen. Die meisten nachuntersuchten Patienten (73,1%) wurden röntgenologisch in die Kategorie „1“ der modifizierten Fairbankskala eingestuft. Bei 5 Patienten (9,6%) zeigte sich auf den Röntgenaufnahmen eine ausgeprägte Osteophytenbildung zum Nachuntersuchungszeitpunkt, was der Kategorie „2“ nach der modifizierten Fairbankskala entspricht. Eine zusätzliche Verengung des Gelenkspalts konnte nur bei 2 Patienten (3,8%) beobachtet werden, die daher der Kategorie „3“ der modifizierten Fairbankskala zugeordnet wurden.



| <b>Modifizierte Fairbankskala</b>   | <b>Bei OP<br/>n = 49;<br/>Häufigkeit (%)</b> | <b>Bei Nachuntersuchung<br/>n = 52;<br/>Häufigkeit (%)</b> |
|---|--|--|
| 0 keine Veränderungen   | 36 (73,5%)                                   | 7 (13,5%)  |
| 1 subchondrale Sklerose und Abflachung der Gelenkflächen, beginnende Osteophytenbildung | 13 (26,5%)                                   | 38 (73,1%)   |
| 2 ausgeprägte Osteophytenbildung  | 0  | 5 (9,6%)   |
| 3 Verengung des Gelenkspalts  | 0  | 2 (3,8%)   |

Abb.3.25a und 3.25b: modifizierte Fairbankskala

Bei 3 Studienteilnehmern war der unmittelbar postoperative Röntgenbefund nicht verfügbar. Daher war der Vergleich der Röntgenbefunde vom Zeitpunkt der Operation und dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung nur für 49 Patienten möglich.

| <b>Verschlechterung des Arthrosegrades</b> | <b>n = 49; Häufigkeit (in Prozent)</b> |
|--|--|
| JA   | 32 (65,3%)                             |
| NEIN                                       | 17 (34,7%)                             |

*Abb.3.26: Verschlechterung des Arthrosegrades nach modifizierter Fairbankskala*

Die 32 Patienten, deren Röntgenbefund eine Verschlechterung des Arthrosegrades aufwies (siehe Abb.3.26), sind nach modifizierter Fairbankskala folgendermaßen eingestuft worden:

27 (84,4%) der 32 Patienten wurden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung um eine Kategorie verschlechtert bewertet. 4 (12,5%) Patienten wurden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung sogar mit einem um 2 Kategorien schlechteren röntgenologischen Befund bewertet. Bei einem Patienten fiel auf, dass er zum Zeitpunkt der Operation keine degenerativen Veränderungen des Kniegelenks aufwies, jedoch bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine deutliche Gonarthrose entwickelte und somit in der schlechtesten Kategorie der modifizierten Fairbankskala wiederzufinden war.

Die radiologische Bewertung der Kniegelenksdegeneration nach der Jäger / Wirth Klassifikation zeigte ein ähnliches Ergebnis. Hierbei bestätigte sich, dass zum Operationszeitpunkt über Zweidrittel der Patienten (69,4%) keine Anzeichen bzw. leichte Anzeichen einer Gonarthrose aufwiesen, und bei den restlichen 15 Untersuchten (30,6%) lediglich eine mäßige Gonarthrose vorlag (siehe Abb.3.26).

Diese Verteilung veränderte sich bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung dahingehend, dass nun über die Hälfte der Studienteilnehmer eine mäßige Gonarthrose mit Ausziehungen auch an den Tibiakonsolen, eine mäßige Verschmälerung des Gelenkspalts und eine beginnende Abflachung der Femurkondylen zeigten (Grad 2 der Jäger / Wirth Klassifikation, siehe 2. PATIENTEN UND METHODEN). War bei der Operation noch der Großteil von degenerativen Kniegelenksveränderungen verschont geblieben, lag lediglich bei 7 Patienten (13,5%) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine initiale Gonarthrose vor. Nahezu ein Drittel der Untersuchten (30,8%) wies eine mittelgradige Gonarthrose mit ausgeprägter subchondraler Sklerosierung und osteophytärer Randwulstbildung auf (siehe 2. PATIENTEN UND METHODEN). Bei einem Patienten zeigte sich eine ausgeprägte Gonarthrose zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

**Jäger / Wirth Klassifikation  
bei der Operation und bei der Nachuntersuchung**

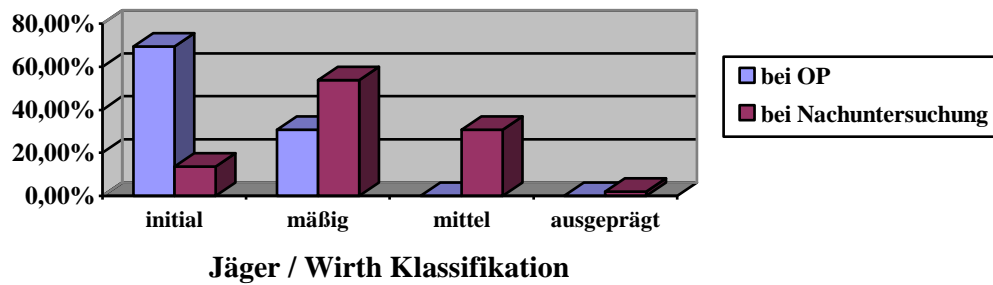


Abb.3.27a: Jäger / Wirth Klassifikation

| Jäger / Wirth Klassifikation | Bei OP<br>n = 49;<br>Häufigkeit (%) | Bei Nachuntersuchung<br>n = 52;<br>Häufigkeit (%) |
|------------------------------|-------------------------------------|---|
| initiale Gonarthrose         | 34 (69,4%)                          | 7 (13,5%)   |
| mäßige Gonarthrose           | 15 (30,6%)                          | 28 (53,8%)  |
| mittelgradige Gonarthrose    | 0                                   | 16 (30,8%)  |
| ausgeprägte Gonarthrose      | 0                                   | 1 (1,9%)  |

Abb.3.27b: Jäger / Wirth Klassifikation

Für den IKDC-Bewertungsbogen wird im Gegensatz zu den beiden vorhergehenden Bewertungsschemata des Arthroseausmaßes der Gelenkspalt im patellofemorale, medialen und lateralen Kompartiment getrennt voneinander beurteilt.

**radiologische IKDC-Bewertung: medialer Gelenkspalt**

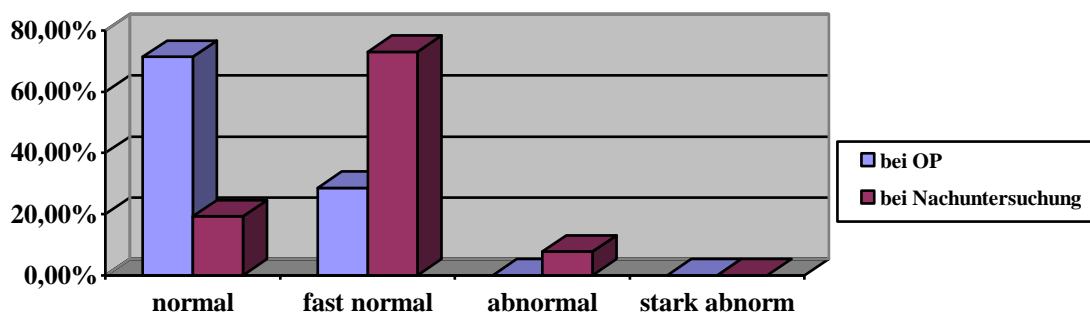


Abb.3.28a: radiologische IKDC-Bewertung: medialer Gelenkspalt

| <b>Radiologische IKDC-Bewertung:<br/>medialer Gelenkspalt</b>          | <b>Bei<br/>OP<br/>n = 49;<br/>Häufigkeit (%)</b> | <b>Bei<br/>Nachuntersuchung<br/>n = 52;<br/>Häufigkeit (%)</b> |
|--|--|--|
| Gelenkspalt > 4 mm<br>= normal   | 35 (71,4%)                                       | 10 (19,2%)   |
| Minimale Arthrosezeichen ohne<br>Gelenkspaltverminderung = fast normal | 14 (28,6%)                                       | 38 (73,1%)   |
| Gelenkspaltbreite von 2 – 4 mm<br>= abnormal                           | 0  | 4 (7,7%)   |
| Gelenkspaltbreite von weniger als 2 mm<br>= stark abnormal             | 0  | 0  |

Abb.3.28b: radiologische IKDC-Bewertung: medialer Gelenkspalt

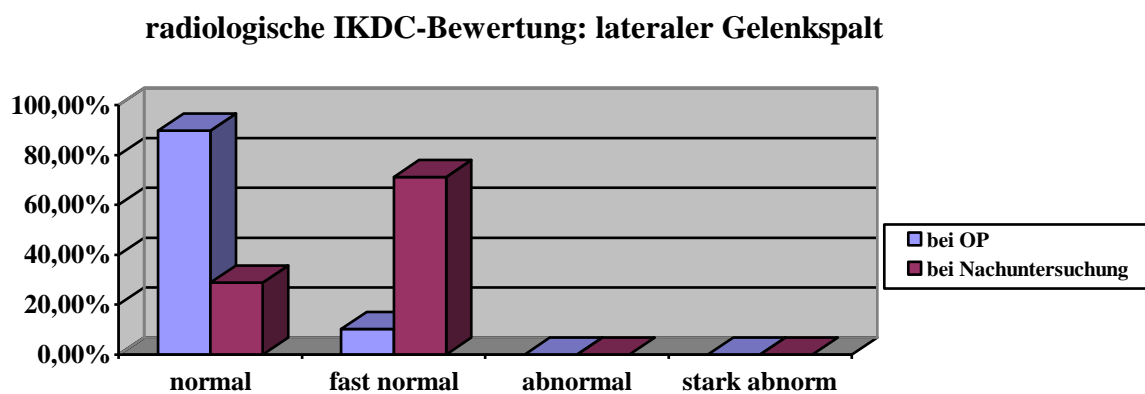


Abb.3.29a: radiologische IKDC-Bewertung: lateraler Gelenkspalt

| <b>radiologische IKDC-Bewertung:<br/>lateraler Gelenkspalt</b>         | <b>Bei<br/>OP<br/>n = 49;<br/>Häufigkeit (%)</b> | <b>Bei<br/>Nachuntersuchung<br/>n = 52;<br/>Häufigkeit (%)</b> |
|--|--|--|
| Gelenkspalt > 4 mm<br>= normal   | 44 (89,8%)                                       | 15 (28,9%)   |
| Minimale Arthrosezeichen ohne<br>Gelenkspaltverminderung = fast normal | 5 (10,2%)  | 37 (71,1%)   |
| Gelenkspaltbreite von 2 – 4 mm<br>= abnormal                           | 0  | 0  |
| Gelenkspaltbreite von weniger als 2 mm<br>= stark abnormal             | 0  | 0  |

Abb.3.29b: radiologische IKDC-Bewertung: lateraler Gelenkspalt



### radiologische IKDC-Bewertung: retropatellar

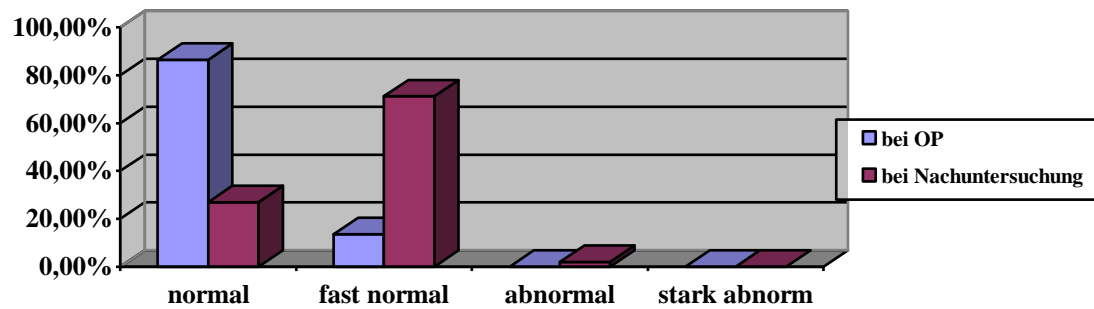


Abb.3.30a: radiologische IKDC-Bewertung: retropatellar

| Radiologische IKDC-Bewertung:<br>retropatellar                         | Bei<br>OP<br>n = 44;<br>Häufigkeit (%) | Bei<br>Nachuntersuchung<br>n = 52;<br>Häufigkeit (%) |
|--|--|--|
| Gelenkspalt > 4 mm<br>= normal   | 38 (86,4%)                             | 14 (26,9%)   |
| Minimale Arthrosezeichen ohne<br>Gelenkspaltverminderung = fast normal | 6 (13,6%)                              | 37 (71,2%)   |
| Gelenkspaltbreite von 2 – 4 mm<br>= abnormal                           | 0                                      | 1 (1,9%)   |
| Gelenkspaltbreite von weniger als 2 mm<br>= stark abnormal             | 0                                      | 0  |

Abb.3.30b: radiologische IKDC-Bewertung: retropatellar

Auch bei der radiologischen IKDC-Bewertung zeigte sich, dass zum Zeitpunkt der Operation keiner der Patienten in einem der Gelenkkompartimente auffällige Degenerationen aufwies. Somit wurden die Kniegelenke von über 70% der Patienten als „normal“ eingestuft nach der IKDC-Bewertung. Bei den verbleibenden Studienteilnehmern waren minimale Arthrosezeichen ohne Gelenkspaltverschmälerung zu verzeichnen, so dass diese als „fast normal“ bewertet wurden (siehe Abb.3.28, 3.29, 3.30).

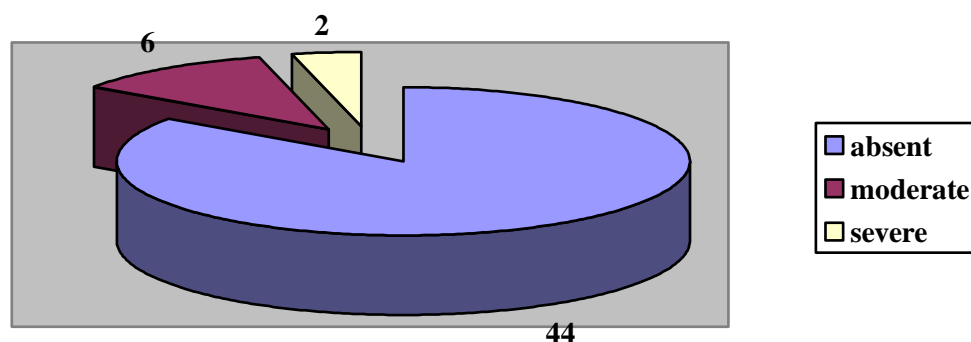
Bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt hingegen entwickelten sich bei dem Großteil der Untersuchten degenerative Veränderungen des Gelenkspalts. Zu diesem Zeitpunkt war der mediale Gelenkspalt nur noch von 10 Patienten (19,2%) als „normal“ zu beurteilen. Bei 38 Probanden (73,1%) stellten sich minimale Arthrosezeichen dar und bei 4 Probanden (7,7%) war sogar der Gelenkspalt im medialen Kompartiment verschmälert, so dass diese bei der radiologischen Bewertung nach den IKDC-Richtlinien als

„abnormal“ eingestuft wurden (siehe Abb.3.28a und b). Ähnliches war bei der Beurteilung des lateralen Gelenkspalts zu beobachten. Nur noch 15 operierte Kniegelenke (28,9%) waren zum Nachuntersuchungszeitpunkt im lateralen Kompartiment als „normal“ zu beurteilen. Die übrigen 37 Patienten (71,1%) wiesen minimale Arthrosezeichen auf, allerdings ohne laterale Gelenkspaltverminderung (siehe Abb.3.29a und b). Auch auf den Patellartangentialaufnahmen der Nachuntersuchung fielen vermehrt degenerative Veränderungen des operierten Kniegelenkes der Patienten auf. Ein „normaler“ retropatellarer Gelenkspalt war nur noch bei 14 Probanden (26,9%) zu verzeichnen. Bei dem Großteil der Untersuchten (71,2%) wurde der retropatellare Gelenkspalt als „fast normal“ bewertet. Ein Patient fiel mit einer verminderten retropatellaren Gelenkspaltbreite auf, welches als „abnormal“ beurteilt wurde.

### 3.4.2 Impingementauswertung

Nach der Methode nach HOWELL und TAYLOR lag bei 44 Studienteilnehmern (84,6%) kein Impingement vor, welches als „absent“ bewertet wird. Zur Kategorie „moderate“ Impingement zählten 6 Probanden (11,5%). Bei 2 Patienten (3,9%) befand sich der tibiale Bohrkanal deutlich zu weit anterior, so dass eine Verlängerungslinie der Blumensaatlinie posterior des femoralen Bohrkanals auftraf.

**Impingementauswertung nach HOWELL&TAYLOR**



*Abb.3.31: Impingementauswertung nach HOWELL&TAYLOR*

### 3.4.3 Tibiale und femorale Bohrkanalplatzierung

Die tibiale Bohrkanalauswertung (siehe 2. PATIENTEN UND METHODEN) orientiert sich an der Bohrkanallage auf der Tibiagelenkfläche. 50 Bohrkanäle (96,2%) befanden sich in den mittleren beiden Abschnitten (II + III) der Tibiagelenkfläche. Der tibiale Bohrkanal lag bei 2 Patienten (3,8%) im vierten Abschnitt der Tibiagelenkfläche, also weit anterior positioniert. Zu zwei Dritteln befand sich der tibiale Bohrkanal jedoch innerhalb des Abschnitts III der Tibiagelenkfläche (Abb.3.32).

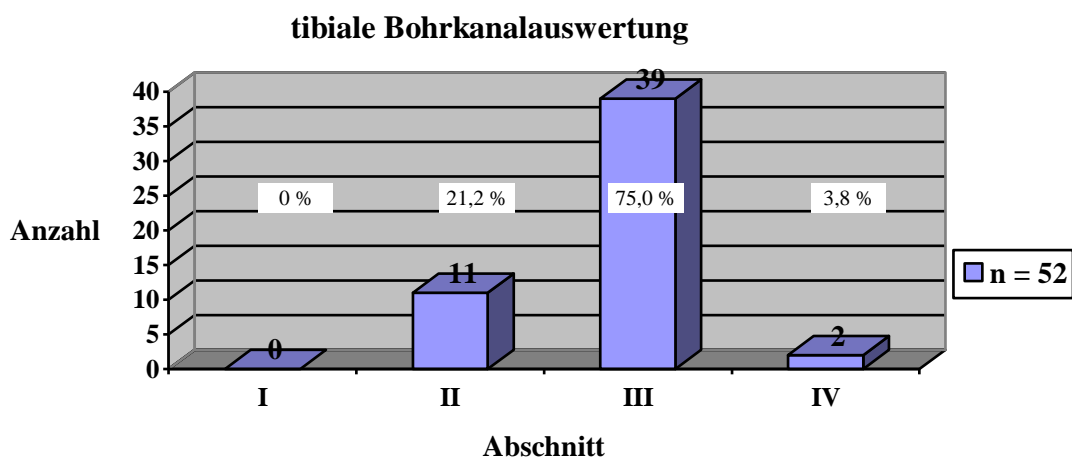
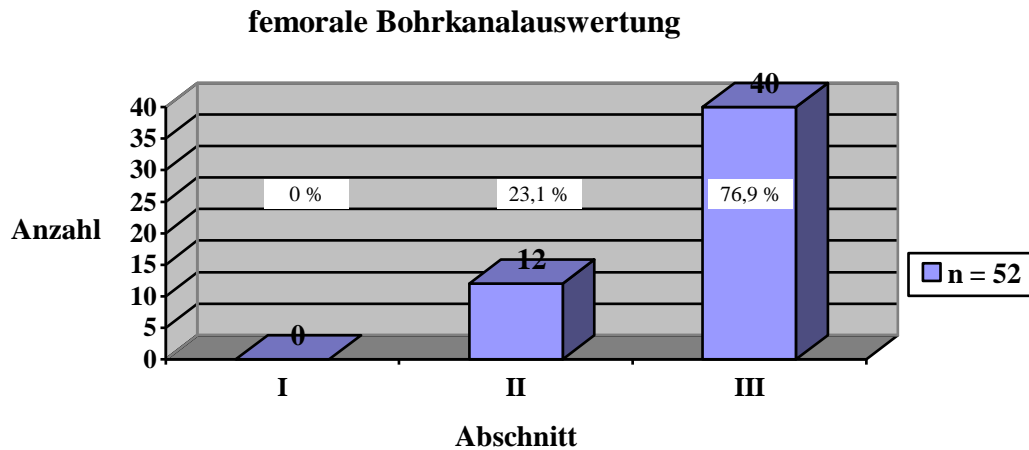


Abb.3.32: tibiale Bohrkanalauswertung

Bei der femoralen Bohrkanalauswertung (siehe 2. PATIENTEN UND METHODEN) stellt die Blumensaatlinie die Orientierungslinie für die Bohrkanalpositionierung dar. Die femoralen Bohrkanalöffnungen aller 52 operierten Knie lagen in den Abschnitten II und III auf der Blumensaatlinie, wovon 40 Bohrkanäle (76,9%) im proximalen Abschnitt III und 12 Bohrkanäle (23,1%) im mittleren Abschnitt II aufzufinden waren (Abb3.33).



*Abb.3.33: femorale Bohrkanalauswertung*

Nach dem Beurteilungsverfahren nach AGLIETTI et al. (1995) ergab sich ein Mittelwert von 32,8% für die tibiale, sowie ein Mittelwert von 53,8% für die femorale Bohrkanalplatzierung (Abb. 3.34).

Somit lag der tibiale Bohrkanal bei dieser Datenerhebung im Durchschnitt im Übergang vom vorderen ersten zum zweiten Drittel der Tibiagelenkfläche.

Die femorale intraartikuläre Bohrkanalöffnung befand sich durchschnittlich im oberen mittleren Drittel auf der zur Knochengrenze verlängerten Blumensaatlinie.

| n = 52                                   | Min  | Quartil 1 | Median | Quartil 3 | Max  | Mittelwert |
|--|------|-----------|--------|-----------|------|------------|
| <b>Tibiale Bohrkanalplatzierung [%]</b>  | 14,7 | 28,1      | 35,3   | 37,9      | 48,4 | 32,8       |
| <b>Femorale Bohrkanalplatzierung [%]</b> | 39,6 | 47,2      | 53,6   | 59,7      | 67,7 | 53,8       |

*Abb.3.34: Bohrkanalplatzierung [%]*

Wie in Abbildung 3.34 veranschaulicht, lag die Spannweite der Werte zur prozentualen tibialen Bohrkanalplatzierung zwischen 14,7% und 48,4%, die zur femoralen Bohrkanalplatzierung zwischen 39,6% und 67,7%.

### 3.4.4 Tunnelausweitung

Die Bohrkanäle wurden laut Operationsberichten der einzelnen Patienten zwischen 7 mm und 10 mm Weite aufgebohrt. Der Mittelwert der Bohrkanalbreite bei den durchgeführten Operationen lag bei 8,9 mm.

Nach der Messmethode von L'INSALATA ergab sich eine Spannweite von 8 mm bis 16,8 mm für die breiteste Stelle der sklerosierten Ränder des Bohrkanals. Der Mittelwert zum Nachuntersuchungszeitpunkt entsprach einer Breite von 11,7 mm.

|   | Min | Quartil 1 | Median | Quartil 3 | Max  | Mittelwert |
|---|-----|-----------|--------|-----------|------|------------|
| <b>Tunnelbreite bei OP [mm]<br/>n = 47</b>                    | 7,0 | 8,5       | 9,0    | 9,0       | 10,0 | 8,9        |
| <b>Tunnelbreite bei NU [mm]<br/>n = 52</b>                    | 8,0 | 10,3      | 11,6   | 13,2      | 16,8 | 11,7       |
| <b>Tunnelausweitung (Differenz<br/>OP und NU) [mm], n= 47</b> | 0   | 1,5       | 2,6    | 4,4       | 6,8  | 3,0        |

Abb.3.35: Tunnelbreite (OP = Operation, NU = Nachuntersuchung)

Nach der Berechnung der Differenz der Tunnelbreite zum Operationszeitpunkt und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (NU) resultierte eine durchschnittliche Tunnelausweitung („tunnelwidening“) von 3,0 mm (Abb.3.35).

Kategorisiert dargestellt verhielt sich die Tunnelausweitung der Studienteilnehmer wie folgt:

Bei den meisten Patienten (21 Patienten bzw. 44,7%) dieser Datenerhebung war der Bohrkanal zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung an der breitesten Stelle gemessen nicht oder nur geringfügig mit 0 – 2,5 mm aufgeweitet (siehe Abb.3.36). Ein ähnlich großer Anteil (20 Patienten bzw. 42,5%) an nachuntersuchten Knien wies jedoch eine klare Aufweitung des Bohrkanals mit 2,6 – 5,5 mm im Vergleich zur aufgebohrten Breite während der Operation auf. Eine massive Aufweitung des Tunnels fand sich bei 6 Patienten (12,8%). Deren Tunnel für das Transplantat hatte sich im Zeitraum zwischen der Operation und der Nachuntersuchung um 5,6 mm und mehr ausgeweitet.

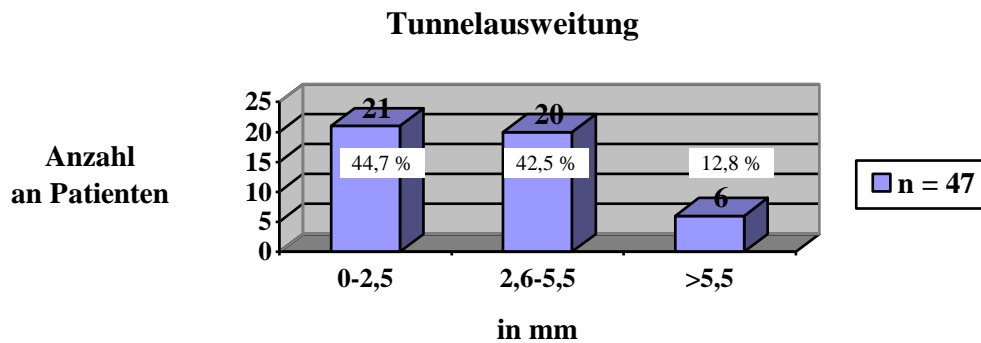


Abb.3.36a: Tunnelausweitung

| Tunnelausweitung | n = 47; Häufigkeit (Prozent) |
|------------------|------------------------------|
| 0 – 2,5 mm       | 21 (44.7%)                   |
| 2,6 – 5,5 mm     | 20 (42,5%)                   |
| 5,6 und mehr mm  | 6 (12,8%)                    |

Abb.3.36b: Tunnelausweitung

### 3.5. Logistische Regression

Eine erfolgreiche Restabilisierung des Kniegelenks bedeutet vor allem das Wiedererreichen eines möglichst hohen Aktivitätsniveaus, einer großen subjektiven Zufriedenheit des Patienten und damit verbunden einer geringen Beschwerdesymptomatik.

All diese Punkte finden sich auch in den folgenden aufgelisteten Zielgrößen wieder. Zur Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen möglichen Einflussfaktoren und den Zielgrößen wurden folgende Modelle untersucht:

#### Abhängige Variablen (Zielgrößen):

- „Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der NU“ in den Ausprägungen
  - (1) Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsport
  - (2) schwere / leichte körperliche Arbeit, Alltagsaktivitäten
- „Noyes Score“ in den Ausprägungen
  - (1) sehr gut / gut
  - (2) mäßig / schlecht

- „IKDC Abschlussbewertung“ in den Ausprägungen
  - (1) normal / fast normal
  - (2) abnormal / deutlich abnormal

#### Unabhängige Variablen (Einflussfaktoren):

- Alter zum Unfallzeitpunkt (am Median dichotomisiert, d.h.  $\leq 29$  Jahre und  $> 29$  Jahre, Median der  $n = 49$  Patienten)
- Geschlecht (männlich; weiblich)
- Begleitverletzungen klassiert in
  - (a) vordere Kreuzbandruptur mit höchstens einer Begleitverletzung:
    - A – Isolierte vordere Kreuzbandruptur (VKB-Ruptur)
    - B – VKB-Ruptur + Knorpelschaden (KS)
    - C – VKB-Ruptur + 1 weitere Begleitverletzung, aber kein KS
  - (b) komplexe Kniegelenksverletzungen:
    - D – VKB-Ruptur + mind. 2 weitere Begleitverletzungen, eine davon KS
    - E – VKB-Ruptur + mind. 2 weitere Begleitverletzungen, keine davon KS)
- Body-Mass-Index
 

(Klasse 1: Normalgewicht; Kl. 2: Übergewicht, Kl. 3: Adipositas)

Die Überprüfung erfolgte mit Hilfe einer logistischen Regression.

Unifaktoriell / univariat wurde überprüft, ob zwischen den möglichen Einflussfaktoren und den Zielgrößen ein Zusammenhang besteht.

Die Ergebnisse der Analyse zeigt folgende Tabelle:

| <b>n = 49</b>              | <b>Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der NU</b> | <b>Noyes Score</b> | <b>IKDC Abschlussbewertung</b> |
|----------------------------|--|--------------------|--------------------------------|
| <b>Alter</b>               | p = 0,113                                    | p = 0,353          | p = 0,709                      |
| <b>Geschlecht</b>          | p = 0,838                                    | p = 0,619          | p = 0,945                      |
| <b>Begleitverletzungen</b> | p = 0,818                                    | p = 0,952          | p = 0,419                      |
| <b>Body-Mass-Index</b>     | p = 0,800                                    | p = 0,706          | p = 0,491                      |

Abb.3.37: logistische Regression

Für das Patientenkollektiv dieser Studie konnten keine Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den genannten Zielgrößen und Einflussfaktoren festgestellt werden.

### **3.6 Zusammenhangsanalyse: Einzelauswertung**

Auf einige einzelne Merkmalsausprägungen dieser Studie wurde besonderes Augenmerk gelegt. Zur Darstellung und Beschreibung von Zusammenhängen wurden ausgewählte Merkmalsausprägungen in Mehrfeldertafeln zusammengestellt und der Fisher's Exact Test angewandt.

Die Auswahl beruht auf Diskussionen in der Fachliteratur bezüglich optimaler Langzeitergebnisse nach einer Rekonstruktion des VKB mittels autologer Ersatzplastik.

Von besonderem Interesse waren hier mögliche Zusammenhänge zwischen den folgenden Merkmalsausprägungen:

- „Wahl des OP-Zeitpunktes“ und „Arthroseausmaß zum Zeitpunkt der NU“
- „Schweregrad der Begleitverletzung“ und „Arthroseausmaß zum Zeitpunkt der NU“
- „Ausmaß der Tunnelausweitung“ und „IKDC-Abschlussbewertung“
- „KT-1000 Messung<sup>TM</sup>“ und „IKDC-Abschlussbewertung“
- „KT-1000 Messung<sup>TM</sup>“ und „Ausmaß der Tunnelausweitung“
- „Impingement“ und „IKDC-Abschlussbewertung“
- „KT-1000 Messung<sup>TM</sup>“ und „Impingement“

#### **„Wahl des OP-Zeitpunktes“ und „Arthroseausmaß zum Zeitpunkt der NU“**

Bei dem Patientenkollektiv unserer Studie war kein Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen dem gewählten Zeitpunkt der Operation und dem Arthroseausmaß zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung festzustellen (Fisher's Exact Test:  $p = 0,742$ ).



| <b>Zeit zwischen Unfall und OP</b> | <b>Fairbankskala bei Nachuntersuchung (radiologisch)</b> |  |   | <b>TOTAL</b> |
|------------------------------------|--|--|---|--------------|
|                                    | <i>Keine Veränderungen</i>                               | <i>Subchondrale Sklerose+Abflachung der Gelenkflächen, beginnende Osteophytenbildung</i> | <i>Ausgeprägte Osteophytenbildung/ Gelenkspaltverengung</i> |              |
| <i>Akut</i>                        | 5 (18%)  | 18 (64%)   | 5 (18%)   | 28           |
| <i>Subakut</i>                     | 1 (7%)   | 12 (86%)   | 1 (7%)  | 14           |
| <i>Chronisch</i>                   | 1 (10%)  | 8 (80%)  | 1 (10%)   | 10           |
| <b>TOTAL</b>                       | <b>7</b>   | <b>38</b>  | <b>7</b>  | <b>52</b>    |

Abb.3.38: Zusammenhang zwischen OP-Zeitpunkt und Arthroseausmaß

### „Schweregrad der Begleitverletzung“ und „Arthroseausmaß zum Zeitpunkt der NU“

Die Auswertung des Parameters der „Zusatzverletzungen neben VKB-Riss“ (siehe Abb.3.3) wurde begrenzt auf 2 Gruppen, so dass nun die Gruppen A, B und C zu einer Gruppe zusammengefasst wurden und die Gruppen D und E eine zweite Gruppe der komplexen Knieverletzung bildeten.

Die Ergebnisse dieser Studie weisen auf einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Arthrose zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, beschrieben in der modifizierten Fairbankskala (Abb.3.25a und b), und dem Ausmaß der Begleitverletzungen neben VKB-Riss für das untersuchte Patientenkollektiv hin (Fisher's Exact Test:  $p = 0,003$ ).

| <b>Zusatzverletzung</b>  | <b>Fairbankskala bei Nachuntersuchung (radiologisch)</b> |  |  | <b>TOTAL</b> |
|--|--|--|--|--------------|
|  | <i>Keine Veränderungen</i>                               | <i>Subchondrale Sklerose+Abflachung der Gelenkflächen, beginnende Osteophytenbildung</i> | <i>Ausgeprägte Osteophytenbildung / Gelenkspaltverengung</i> |              |
| <i>VKB-Ruptur und / oder Knorpelschaden oder eine weitere Zusatzverletzung (A+B+C)</i> | 5 (38%)  | 8 (62%)  | 0 (0%)   | 13           |
| <i>VKB-Ruptur und mindestens 2 weitere Verletzungen (D+E)</i>                          | 1 (3%)   | 29 (78%)   | 7 (19%)  | 37           |
| <b>TOTAL</b>   | <b>6</b>   | <b>37</b>  | <b>7</b>   | <b>50</b>    |

Abb.3.39: Zusammenhang zwischen Zusatzverletzung und Arthroseausmaß

### „Ausmaß der Tunnelausweitung“ und „IKDC-Abschlussbewertung“

Bei der Zusammenhangsanalyse der radiologischen Ausmessung des Bohrkanaldurchmessers, hier beschrieben als Tunnelausweitung (= Differenz von der Tunnelbreite zum Operationszeitpunkt und vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung), und der IKDC-Abschlussbewertung als umfassende Evaluation des Kniegelenkstatus zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnte kein Zusammenhang festgestellt werden (Fisher's Exact Test mit  $p = 0,317$ ). Mit 19 Patienten (90%) liegt die Mehrzahl mit keiner oder nur minimaler (0-2,5 mm) Tunnelausweitung im Bereich „normal / fast normal“ der IKDC-Abschlussbewertung (siehe Abb.3.40). Die Anzahl der Patienten mit der Ausprägung „abnormal / deutlich abnormal“ in der IKDC-Abschlussbewertung und mit großer Tunnelausweitung ist zu gering (2 Patienten bzw. 33%), um von einem Zusammenhang sprechen zu können.

| Tunnelausweitung | IKDC-Abschlussbewertung |                              | TOTAL     |
|------------------|-------------------------|------------------------------|-----------|
|                  | Normal / fast normal    | Abnormal / deutlich abnormal |           |
| 0-2,5 mm         | 19 (90%)                | 2 (10%)                      | 21        |
| 2,6-5,5 mm       | 17 (85%)                | 3 (15%)                      | 20        |
| 5,6 und mehr mm  | 4 (67%)                 | 2 (33%)                      | 6         |
| TOTAL            | 40                      | 7                            | <b>47</b> |

Abb.3.40: Zusammenhang zwischen Tunnelausweitung und IKDC Abschlussbewertung

### „KT-1000<sup>TM</sup> Messung“ und „IKDC-Abschlussbewertung“

Die KT-1000<sup>TM</sup> Messung als ein Maß für die anteriore Stabilität des Kniegelenks ergibt für 39 Patienten (88,6%) Messwerte von 0 – 3 mm bei einer „normalen bzw. fast normalen“ IKDC-Abschlussbewertung. Dies spricht nach Betrachtung der Abb.3.41 und unter Berücksichtigung des Fisher's Exact Test mit  $p = 0,003$  für einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Merkmalsausprägungen.

| KT-1000 <sup>TM</sup> Messung | IKDC-Abschlussbewertung |                              | TOTAL     |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------|
|                               | Normal / fast normal    | Abnormal / deutlich abnormal |           |
| 0-3 mm                        | 39 (89%)                | 5 (11%)                      | 44        |
| > 3 mm                        | 4 (50%)                 | 4 (50%)                      | 8         |
| TOTAL                         | 43                      | 9                            | <b>52</b> |

Abb.3.41: Zusammenhang zwischen KT-1000<sup>TM</sup> Messung und IKDC-Abschlussbewertung

### „KT-1000™ Messung“ und „Ausmaß der Tunnelausweitung“

Ein Zusammenhang zwischen einer KT-1000™ Messung von 0 - 3 mm bei festen, stabilen Verhältnissen des eingesetzten Kreuzbandersatzmaterials und geringer Tunnelausweitung im Laufe der Zeitspanne zwischen der Operation und dem Nachuntersuchungszeitpunkt ergibt sich nicht. Dass eine vermehrte Tunnelausweitung durch die daraus resultierende geringere Führung und Ummantelung der eingesetzten Kreuzbandersatzplastik zu einer erhöhten anterioren Laxizität führt, welche sich bei der KT-1000™ Messung durch Werte über 3 mm widerspiegeln würde, kann für unser untersuchtes Patientenkollektiv nicht festgestellt werden, wie der Tabelle (Abb.3.42) und dem Ergebnis des Fisher's Exact Test ( $p = 1,000$ ) zu entnehmen ist.

| KT-1000™ Messung | Tunnelausweitung |            |                 | TOTAL     |
|------------------|------------------|------------|-----------------|-----------|
|                  | 0-2,5 mm         | 2,6-5,5 mm | 5,6 mm und mehr |           |
| 0-3 mm           | 18 (44%)         | 17 (41%)   | 6 (15%)         | 41        |
| > 3 mm           | 3 (50%)          | 3 (50%)    | 0 (0%)          | 6         |
| TOTAL            | 21               | 20         | 6               | <b>47</b> |

Abb.3.42: Zusammenhang zwischen KT-1000™ Messung und Tunnelausweitung

### „Impingement“ und „IKDC-Abschlussbewertung“

Bei einer „normalen bzw. fast normalen“ IKDC-Abschlussbewertung ist ein fehlendes („absent“) Impingement anzunehmen.

Bestätigt werden konnte dieser angenommene Zusammenhang allerdings nicht (Fisher's Exact Test mit  $p = 0,518$ ).

| Impingement | IKDC-Abschlussbewertung |                              | TOTAL     |
|-------------|-------------------------|------------------------------|-----------|
|             | Normal / fast normal    | Abnormal / deutlich abnormal |           |
| Absent      | 37 (84%)                | 7 (16%)                      | 44        |
| Moderate    | 4 (67%)                 | 2 (33%)                      | 6         |
| Severe      | 2 (100%)                | 0 (0%)                       | 2         |
| TOTAL       | 43                      | 9                            | <b>52</b> |

Abb.3.43: Zusammenhang zwischen Impingement und IKDC-Abschlussbewertung

### „KT-1000 Messung<sup>TM</sup>“ und „Impingement“

Bei der Zusammenhangsanalyse zwischen KT-1000<sup>TM</sup> Messung und Impingementbewertung kann kein Zusammenhang festgestellt werden (Fisher's Exact Test mit  $p = 0,318$ ).

| KT-1000 <sup>TM</sup> Messung | Impingement   |                 |               | TOTAL     |
|-------------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------|
|                               | <i>absent</i> | <i>moderate</i> | <i>severe</i> |           |
| 0-3 mm                        | 38            | 5               | 1             | 44        |
| > 3 mm                        | 6             | 1               | 1             | 8         |
| TOTAL                         | 44            | 6               | 2             | <b>52</b> |

Abb.3.44: Zusammenhang zwischen KT-1000<sup>TM</sup> Messung und Impingement

### 3.7 Fallbeispiele

Bei einem der Patienten stellte sich bei der Nachuntersuchung im Nativröntgenbild heraus, dass der Endobutton<sup>TM</sup> zur femoralen Fixierung des Transplantats gelöst war und sich im Gelenkspalt befand (siehe Abb.3.45).



Abb.3.45: gelöster Endobutton

Das Kniegelenk wies einen vollen Bewegungsumfang auf ohne Extensions- oder Flexionsdefizit. Fragen nach Einklemmungserscheinungen in der Vergangenheit

verneinte der Patient. Bei der klinischen Untersuchung des Bandapparates fiel jedoch ein zweifach positiver Lachman-Test auf, weshalb der Patient bei der IKDC-Abschlussbeurteilung dem Gruppengrad „abnormal“ zugeordnet wurde. Dieser Untersuchungsbefund bestätigte sich bei der KT-1000<sup>TM</sup> Messung mit einer Seitendifferenz von 6 mm bei maximalem Kraftaufwand.

Bei der subjektiven Beurteilung bewertete der Patient sein operiertes Knie als „fast normal“. Er fühlt sich durchaus in der Lage, schwere körperliche Arbeiten zu verrichten und auf Breitensportebene Fußball zu spielen. Seinen Beruf als Maler übt er ohne Einschränkung aus.

Radiologisch waren nur geringgradig degenerative Veränderungen des Gelenkspalts erkennbar, weshalb der Patient der Kategorie 1 auf der modifizierten Fairbankskala zugeordnet wurde.

Aufgrund der möglichen Destruktion des Gelenkknorpels wurde dem Patienten zur operativen Entfernung des Fremdkörpers geraten.

Beim IKDC-Score erzielten 2 Patienten ein „deutlich abnormales“ Gesamtergebnis. Bei der klinischen Untersuchung des einen Patienten erwies sich der Bandapparat als stabil und das Bewegungsausmaß als uneingeschränkt. Die schlechte Gesamtbeurteilung kommt durch die subjektive Patienten-Bewertung des operierten Kniegelenks zustande. Nach dem Empfinden des Patienten treten schon bei Alltagsaktivitäten Schmerzen und eine Schwellung des Knies auf. Der 29-jährige männliche Patient sieht sich nur noch im Stande, Alltagsaktivitäten und sitzende Tätigkeiten auszuführen. Radiologisch findet sich allerdings kein Anhalt auf eine weit fortgeschrittene Arthrose, welche die Symptome erklären könnte.

Der zweite Patient mit „deutlich abnormaler“ IKDC-Gesamtbeurteilung wurde ebenfalls aufgrund seiner eigenen Angaben zu auftretenden Schmerzen und Schwellungen des operierten Kniegelenks bei Alltagsaktivitäten diesem schlechtesten Gruppengrad zugeordnet. Er beschrieb ein „Völlegefühl“ in seinem operierten Kniegelenk. Ein Giving-way tritt laut Angaben des 48-jährigen Patienten schon bei leichter körperlicher Arbeit und beim Joggen auf. Auch bei der Untersuchung des Bandapparates fiel ein einfach positiver Lachman-Test auf. Bei der KT-1000<sup>TM</sup> Arthrometer Messung stellte sich eine Seitendifferenz von 5 mm bei maximalem Kraftaufwand heraus. Auf den zum Nachuntersuchungszeitpunkt angefertigten Röntgenbildern waren fortgeschrittene degenerative Veränderungen der Gelenkfläche im Vergleich zum Operationszeitpunkt erkennbar. Der Bohrkanal stellte sich im

Vergleich zur Tunnelbreite bei der Operation zum Nachuntersuchungszeitpunkt an der breitesten Stelle um 2,6 mm ausgewölbt dar.

Eine weitere Gemeinsamkeit beider Patienten mit „deutlich abnormalem“ IKDC-Gesamtergebnis war ein „moderates“ Impingement nach HOWELL und TAYLOR. Dies deutet auf eine Platzierung des tibialen Bohrkanals nach weit ventral hin.

Die das tägliche Leben und die sportliche Belastbarkeit einschränkende Klinik dieser beiden Patienten ist am ehesten durch den zusätzlich erlittenen bzw. vorbestandenen Kniebinnenschaden zu erklären. Bei dem erstgenannten Patienten wurde der Innen- und Außenmeniskus teilreseziert und es bestand ein degenerativer, generalisierter Knorpelschaden Grad 1 und 2. Bei dem zweitgenannten Patienten lagen ein Außenmeniskus-Vorderhorn-Korbhenkelriss, ein traumatischer viertgradiger Knorpelschaden der medialen Femurkondyle und ein zweitgradiger Knorpelschaden der Patellarrückfläche vor. Damit wiesen diese Patienten bereits vor der Operation gravierende Verletzungen im Knie auf, die ein hohes Risiko für ein schlechtes Ergebnis darstellen.

## 4. Diskussion

### 4.1. Risikofaktorenanalyse

Ziel dieser Studie ist, die Risikofaktoren für ein erfolgreiches Ergebnis nach einer vorderen Kreuzbandersatzplastik mit Semitendinosussehne im Langzeitverlauf zu bestimmen. Besonderes Augenmerk fällt dabei auf

- die subjektive Zufriedenheit der Patienten,
- das radiologisch verifizierte Arthroseausmaß,
- die radiologisch ermittelte Bohrkanalplatzierung und Tunnelausweitung sowie
- die klinische Patientenuntersuchung dokumentiert durch den IKDC-Score und den KT-1000<sup>TM</sup>-Score.

Die meisten anderen Studien beziehen sich auf einen Zeitraum von 2 bis 5 Jahren zwischen Operation und Nachuntersuchung. Es existiert nur wenig Literatur zu Langzeitergebnissen nach über 10 Jahren, insbesondere für die Verwendung der Hamstringsehnen.

#### *4.1.1. Operationsunabhängige Risikofaktoren*

Bei der Studienkonzeption bestand die Annahme, dass der Erfolg einer VKB-Ersatzplastik im Langzeitverlauf unabhängig vom Operationsergebnis und dem postoperativen Rehabilitationsverlauf durch folgende Faktoren beeinflusst wird:

##### *4.1.1.a. Geschlecht, Alter und BMI*

In der Studie soll der Einfluss von perioperativen Faktoren wie dem Geschlecht, dem Alter und dem Body-Mass-Index des Patienten auf das Langzeitergebnis nach VKB-Ersatzplastik mittels Semitendinosussehne ermittelt werden, unabhängig vom Operateur, dem Operations- und Rehabilitationsverlauf. Die festgelegten Zielgrößen waren eine große subjektive Patientenzufriedenheit und das Wiedererreichen eines möglichst hohen Aktivitätsniveaus im beruflichen wie im privaten Bereich (3.5. LOGISTISCHE REGRESSION).

PINCZEWSKI et al. (2002) untersuchten über einen Zeitraum von 5 Jahren jeweils 90 Patienten mit Patellarsehnen- und Semitendinosus-sehnentransplantat als VKB-Ersatzmaterial. Mehr als 85% jeder Gruppe erzielten einen IKDC-Score von A oder B.

Ähnliche Ergebnisse des IKDC-Score ermittelten auch COOLEY et al. (2001) im Rahmen einer 5 Jahres-Nachuntersuchung nach isolierter vorderer Kreuzbandplastik mit 4-fach gelegter Semitendinosussehne bei intaktem oder repariertem Meniskus. Für 85% der Patienten traf der Gruppengrad A oder B des IKDC-Scores zu.

In dieser Langzeitstudie zeigten sich vergleichbar positive Operationsergebnisse. 43 Patienten (82,7%) erreichten den IKDC-Score A oder B. Durch den Score nach Noyes et al. wurde das gute Langzeitergebnis mit einer Verteilung von 84,6% auf die Kategorien „gut“ und „sehr gut“ bestätigt. Die hohe Zufriedenheit der Patienten mit dem Operationsergebnis, auch 8-12 Jahre nach der Kreuzbandrekonstruktion, wurde zudem durch die Beantwortung der Frage nach der Funktion des operierten Knies im Vergleich zum nicht verletzten, kontralateralen Kniegelenk verdeutlicht. 96,2% der 52 untersuchten Patienten bewerteten die Funktion des operierten Kniegelenks zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung als „normal“ oder „fast normal“, welches im IKDC-Score der Bewertung A und B entspricht.

Bei der Betrachtung des Aktivitätsniveaus konnten nahezu die Hälfte (24 bzw. 46,2%) aller Untersuchten ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau aus der Zeit vor der Verletzung, auch 8-12 Jahre nach dem VKB-Ersatz, beschwerdefrei wiedererreichen. Über 80% der Patienten trauten ihrem operierten Kniegelenk zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung jegliche Belastung zu oder fühlten sich im Stande, schwere körperliche Arbeit zu verrichten oder Sportarten wie Tennis und Skifahren auszuüben.

Die Zufriedenheit der Patienten und das langfristig aufrechterhaltene Aktivitätsniveau, 8-12 Jahre nach erfolgtem Kreuzbandersatz, stellen den Erfolg der Operation dar.

Es sollte festgestellt werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und möglichen



Einflussfaktoren wie dem Alter, dem Geschlecht oder der BMI-Klassifikation unseres Patientenkollektivs besteht. Es konnte allerdings kein signifikanter Zusammenhang für die aufgezählten Kombinationen festgestellt werden. Die Vermutung auf einen Zusammenhang liegt nahe und sollte daher in einer breiter aufgestellten Studie geprüft werden. In der Literatur sind nur vereinzelt Artikel zu diesem Thema zu finden. FERRARI et al. (2001) konnte keinen geschlechtsspezifischen Unterschied als möglichen Einflussfaktor auf das Outcome nach VKB-Ersatzplastik feststellen. Auch das Alter der Patienten nimmt laut BOHNSACK et al. (2002) keinen Einfluss auf das postoperative Ergebnis. BOWERS et al. (2005) stellten die Hypothese auf, dass ein niedriger BMI der Patienten das Langzeitergebnis verbessern würde.

#### *4.1.1.b. Das Ausmaß der Begleitverletzungen*

KÜLLMER et al. (1994) und FERRETTI et al. (1991) beobachteten einen Zusammenhang zwischen dem Arthroseausmaß und Meniskusverletzungen. Je größer das Ausmaß an Meniskektomien ist, desto mehr degenerative Veränderungen liegen nach 5 Jahren laut FERRETTI et al. (1991) vor. Das Verletzungsausmaß von Meniskusläsionen und hinteren Kreuzbandrissen steht sehr wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Entwicklung von degenerativen Schäden des Kniegelenks (KÜLLMER et al. 1994).

Diese in der Literatur beschriebene signifikante Korrelation zwischen dem Ausmaß der Begleitverletzungen neben vorderem Kreuzbandriss und dem Arthroseausmaß wird durch die Ergebnisse der hier durchgeführten Studie bestätigt (Fisher's Exact Test,  $p = 0,003$ ).

So wiesen diejenigen Patienten mit einer VKB-Ruptur und höchstens einer zusätzlichen Kniebinnenverletzung weniger degenerative Veränderungen auf, ermittelt anhand der radiologischen Fairbankskala, als Patienten, die neben der Ruptur des vorderen Kreuzbandes mindestens 2 weitere Knieverletzungen erlitten, wie z.B. einen Knorpelschaden oder eine Meniskusläsion (siehe 3.5. LOGISTISCHE REGRESSION, Abb.3.39).

Nicht nur das allgemeine Verletzungsausmaß ist von Bedeutung, auch die genaue Lokalisation der Schädigung. So zeigt NAKAMURA (2008), dass unterschiedliche Heilungsreaktionen des verletzten Gelenkknorpels je nach

beschädigter Region existieren. Die Läsionen der femoralen Kondylen haben eine höhere Heilungskapazität als Gelenkknorpel der Tibia oder Patella.

Die Datenerhebung dieser Studie bestätigt die oben erwähnten Literaturangaben. So war bei 65,3% der Studienteilnehmer, auch 8-12 Jahre nach der Kreuzbandersatzplastik, eine Verschlechterung des Arthrosegrades nach modifizierter Fairbankskala zu erkennen. Bei 34,7% der Patienten lag keine Zunahme der degenerativen Veränderungen vor.

Die Rekonstruktion des VKB reduziert das Risiko nachfolgender Meniskusschäden. 47 (90,4%) der nachuntersuchten Patienten erlitten keine Meniskusschäden in den Folgejahren nach VKB-Ersatzplastik. Lediglich 4 (9,6%) der Studienteilnehmer beklagten entweder eine Innen- und / oder Außenmeniskusläsion (Abb.3.14).

#### *4.1.1.c. Die Wahl des Operationszeitpunkts*

Umstritten ist der ideale Zeitpunkt zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Die frühere gängige Lehrmeinung stellte die operative Frühversorgung in den ersten Tagen nach einem Unfall als besonders vorteilhaft dar. Nach heutiger Sicht sollte jedoch ein inflammatorisches, überwärmtes, schmerzhaftes und in seiner Beweglichkeit eingeschränktes Kniegelenk nicht in diesem Stadium operiert werden, da dabei die Komplikation einer postoperativen Arthrofibrose befürchtet wird (JÄGER et al. 2005, LOBENHOFFER und TSCHERNE 1993). Die Arthrofibrose ist eine meist schmerzhafteste Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit aufgrund einer Bindegewebsvermehrung und Narbenbildung (BOSCH 2002). GÄBLER (2006) zieht die Schlussfolgerung, dass eine VKB-Ersatzplastik entweder innerhalb der ersten 48 Stunden nach erlittenem Trauma oder erst nach einer Wartezeit von 6 Wochen durchgeführt werden sollte. Während dieser 6 Wochen sollten allerdings kontinuierlich Rehabilitations-Maßnahmen bis zum Erreichen des vollen Bewegungsausmaßes praktiziert werden.

Bei Kombinationsverletzungen mit lateralseitiger Instabilität sollte eine Akutrekonstruktion der Außenseite und des vorderen Kreuzbandes erfolgen (BUZZI et al. 2003, LOBENHOFFER et al. 2005). Verletzungen des

Innenbandkomplexes können hingegen aufgrund hoher Selbstheilungstendenz abwartend konservativ behandelt werden (LOBENHOFFER 2002).

SHELBOURNE 1995 legt großen Wert auf eine präoperative Vorbereitungsphase, in der ein freies Bewegungsausmaß erreicht werden soll durch abschwellende Maßnahmen und Physiotherapie. Begleitend sollen sich die Patienten mental auf die anstehende Operation vorbereiten und sich mit dem anschließenden Rehabilitationsprogramm auseinandersetzen.

Die Studie von JÄGER et al. 2005 ergab eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Zeitpunkt der operativen Versorgung nach dem Unfall und dem Ausmaß der Arthrose. Patienten, die später als 8 Wochen nach dem Trauma operiert wurden, zeigten deutlich mehr degenerative Veränderungen als diejenigen, die akut bzw. subakut versorgt wurden (JÄGER et al. 2005). Ebenso erzielten die Patienten nach autologer Patellarsehnenersatzplastik aufgrund frischer VKB-Ruptur bessere Ergebnisse im IKDC-Score als solche mit einer BPTB-Plastik aufgrund chronischer vorderer Knieinstabilität (POKAR et al. 2001). In einer 2-Jahres Studie nach Hamstringsehnen-Ersatzplastik des VKB resultierten signifikant höhere Werte im Lysholm und Tegner Score für die Patientengruppe, die innerhalb von 5 Monaten nach VKB-Ruptur operiert wurde im Gegensatz zu der Gruppe, in der die Patienten später als 24 Monate nach VKB-Ruptur operiert wurden (ÅHLÉN et al. 2011). PAPASTERGIOU (2007) beschreibt in seinen Ergebnissen eine ansteigende Prävalenz von Meniskusschäden im Laufe der Zeit bei VKB-Instabilität. PAPASTERGIOU (2007) sieht den besten Weg, Folgeschäden nach VKB-Ruptur zu vermeiden, in einer operativen Rekonstruktion innerhalb der ersten 3 Monate nach der Verletzung.

Anhand der Ergebnisse der hier vorliegenden Datenerhebung, 8-12 Jahre nach dem VKB-Ersatz, besteht für das untersuchte Patientenkollektiv kein Zusammenhang zwischen dem gewählten Operationszeitpunkt und dem sich entwickelnden Ausmaß der Gonarthrose.

Dabei ist die Altersstruktur der Patienten zu beachten. 50% der Studienteilnehmer waren zum Zeitpunkt der Operation jünger als 30 Jahre und 53,8% zum Nachuntersuchungszeitpunkt 8-12 Jahre postoperativ jünger als 40 Jahre. Das Korrelationsergebnis wird zudem durch die ungleiche Verteilung an

Patienten beeinflusst, die „akut“, „subakut“ oder nach „chronischer Instabilität“ (Operationszeitpunkt mehr als 8 Wochen nach dem Verletzungszeitpunkt) operiert wurden. Die meisten Patienten wurden frühzeitig operiert. Lediglich ein geringer Anteil von 19,2% fiel in die Gruppe mit „chronischer Instabilität“.

#### *4.1.2. Operationsabhängige Risikofaktoren*

Weiterhin wurde bei der Studienkonzeption angenommen, dass der Erfolg einer VKB-Ersatzplastik im Langzeitverlauf abhängig vom Operationsergebnis beeinflusst wird durch:

##### *4.1.2.a. Vorliegen eines radiologisch bestimmten Impingements*

Als Kriterien einer erfolgreichen Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes gelten die anatomisch genaue und mechanisch stabile Implantation des Bandersatzes, die Vermeidung von Konflikten mit knöchernen und ligamentären Strukturen der Interkondylärgrube und eine adäquate Vorspannung des Bandersatzes (LOBENHOFFER und AGNESKIRCHNER 2005).

Zur Beurteilung der Bohrkanalplatzierung wurde die radiologische Impingementauswertung nach HOWELL und TAYLOR herangezogen. Bei 44 Studienteilnehmern (84,6%) lag kein Anhalt auf ein Impingement vor, bei 6 Patienten (11,5%) wurde ein „moderate“ und bei 2 der 52 untersuchten Patienten ein „severe“ Impingement festgestellt.

Die beiden Studienteilnehmer, deren tibiale Bohrkanallage als zu weit ventral beurteilt wurde („severe“ Impingement), wurden bei der IKDC-Abschlussbewertung (Abb.3.22, ERGEBNISSE) als „fast normal“ eingestuft. Beide Patienten gaben im Bereich der Transplantatentnahmestelle leichte Parästhesien an. Der Test nach Lachman war bei beiden Patienten einfach positiv.

Anhand dieser Datenerhebung lässt sich ein Zusammenhang zwischen einem Impingement nach HOWELL und TAYLOR und einer „abnormalen“ oder „deutlich abnormalen“ IKDC-Abschlussbewertung im Gegensatz zur bisherigen Meinung in der Literatur (LOBENHOFFER und AGNESKIRCHNER 2005, FINK et al. 2005, PÄSSLER und HÖHER 2004) nicht erkennen. Allerdings

kann ein Zusammenhang nicht ausgeschlossen werden. Das Ausbleiben eines definitiven Zusammenhangs könnte an der geringen Fallzahl von „severe“ Impingement liegen.

Auch nach Auswertung der femoralen Bohrkanalplatzierung werden keine Hinweise auf eine mögliche Fehlpositionierung mit klinischen Auswirkungen gefunden. Wie von AGLIETTI et al. (1995) publiziert liegt die intraartikuläre femorale Bohrkanalöffnung bei dem hier untersuchten Patientenkollektiv überwiegend im oberen mittleren Drittel des femoralen Kondylendurchmessers.

Die Zusammenhangsanalyse zwischen einem radiologisch bestimmten Impingement und der IKDC-Abschlussbewertung wurde durch die KT-1000<sup>TM</sup> Messung ergänzt. Die Vermutung liegt nahe, dass sich eine Bohrkanalfehlplatzierung negativ auf die Kniestabilität bzw. auf das Bewegungsausmaß des operierten Kniegelenkes auswirkt.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Stabilität und Flexibilität des Kniegelenks fielen positiv aus. Es ergab sich nur bei einem der 52 Probanden ein Streckdefizit von 3 – 5°. Eine Transplantatfehlpositionierung konnte nicht festgestellt werden. Alle anderen Patienten erreichten die volle Kniestreckung. Jeder Patient konnte sein operiertes Kniegelenk mindestens auf 130° passiv beugen.

Die Aufforderung, eine Kniebeuge durchzuführen und sich hinzuknien, erfüllten 82,6% ohne Beeinträchtigung. Für 17,3% des Patientenkollektivs traten bei strenger Beobachtung Beschwerden wie Schmerzen oder Schwächegefühl auf und eine ausreichende Kniebeugung war nicht möglich. Langzeitergebnisse nach durchschnittlich 113 Monaten nach arthroskopischem vorderen Kreuzbandersatz mit dem Patellarsehnentransplantat ergaben eine Beeinträchtigung beim Knien bei 56,8% der Patienten (JÄGER et al. 2005). LIDÉN (2007) beschreibt ein nahezu ausgeglichenes Verhältnis in seiner Studie, die 7 Jahre postoperativ durchgeführt wurde. In seinem Patientenkollektiv gaben 48% der Patienten nach durchgeführter BPTB-Technik und 41% der Patienten nach Rekonstruktion des VKB mittels Semitendinosussehne Beschwerden beim Hinknien an.

Während das Patellarsehnentransplantat eine steife Kinematik aufweist, verfügt die Semitendinosussehne über ein günstiges Elastizitätsmodul (STROBEL 1997) und führt durch die strukturelle Ähnlichkeit der Fasern zum anatomischen VKB zu einer guten Beweglichkeit der operierten Kniegelenke (WOO et al. 1997).

In unserer Datenerhebung wurde die Stabilität der operierten Kniegelenke nicht von den guten Flexibilitätsergebnissen beeinträchtigt. Nahezu das gesamte Patientenkollektiv gab kein Giving-way-Phänomen an bzw. nur bei sehr schweren körperlichen Belastungen. Zwei Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung mit dem Operationsergebnis sehr unzufrieden. Dies waren auch die beiden einzigen Patienten, die auf dem IKDC-Evaluationsbogen als „deutlich abnormal“ (D) bewertet wurden. Die klinische Untersuchung, einschließlich der KT-1000<sup>TM</sup> Messung und radiologischen Auswertung, konnte allerdings das Befinden der beiden Patienten nicht bestätigen, da deren Ergebnisse nicht schlechter ausfielen als die der anderen Probanden.

Die KT-1000<sup>TM</sup> Messung ergab eine durchschnittliche ventrale Translationsdifferenz von 2 mm bei maximalem manuellen Kraftaufwand. Verglichen mit der durchschnittlichen ventralen Translationsdifferenz von 3,2 mm gemessen bei der 5-Jahres Studie von POKAR et al. (2001) bei VKB-Rekonstruktion mit Patellarsehnenersatzplastik und dem Durchschnittswert von 1,7 mm Translationsdifferenz in der 5-Jahres Nachuntersuchung von PINCZEWSKI et al. (2002) bei VKB-Rekonstruktion mit Hamstringsehnenersatzplastik ist dieses Ergebnis nach 8-12 Jahren postoperativ als sehr gut zu bewerten.

Eine hohe Stabilität des Kniegelenks, gemessen mit dem KT-1000<sup>TM</sup>-Arthrometer, steht laut dieser Datenerhebung in Zusammenhang mit einem guten Ergebnis in der IKDC-Abschlussbewertung (Fisher's Exact Test mit  $p = 0,003$ ).

Bei einem Patienten betrug die Seitendifferenz der KT-1000<sup>TM</sup> Messung bei maximalem Kraftaufwand 8 mm. Dieser Patient konnte sein Knie jedoch durchaus belastenden Tätigkeiten aussetzen und gab bei der Anamnese an, dass er sich das Knie möglicherweise in den vergangenen Jahren beim Fußballspielen erneut verdreht habe. Radiologisch war kein Anhalt für eine Fehlplatzierung des Bohrkanals oder eine Tunnelausweitung zu finden.

#### *4.1.2.b. Die Ausweitung des Bohrkanals*

Die VKB-Ersatzplastik ist möglichst mit „pressfit Fixation“ in den Bohrkanal eingebracht. Mit jeder Kniebewegung entsteht jedoch Reibung (Mikromotion) an den dünnen Skleroserändern des Tunnels. Diese transversalen Bewegungen des Transplantats an den Kanten des Bohrkanals werden als „windshield-wiper-effect“ (Scheibenwischermechanismus) bezeichnet (NEBELUNG 1998, HÖHER et al. 1998).

Weitere Ursachen für eine Bohrkanalausweitung sind laut BOSZOTTA (2005) eine nicht isometrische Platzierung des Bohrkanals, eine forcierte Nachbehandlung, ein Eindringen von Synovialflüssigkeit in den Bohrkanal, eine Hitzeentwicklung beim Bohrvorgang, immunologische Faktoren, Zellnekrosen und unspezifische Entzündungsreaktionen. Auch VADALA (2007) bestätigt die Hypothese, dass aggressive Rehabilitationsmaßnahmen ein potenzieller Faktor für eine Bohrkanalaufweitung sein können.

L'INSALATA (1997), ZAFFAGNINI (2006) und HARILAINEN (2006) zeigten in ihren Studien eine signifikant größere Tunnelausweitung nach Verwendung der Hamstringsehne im Vergleich mit dem Patellarsehnentransplantat. Des Weiteren tritt unter Verwendung der Hamstringsehnen häufiger ein sogenannter „Bungee-Effekt“ auf. Der „Bungee-Effekt“ bezeichnet eine longitudinal ausgedehnte Längenänderung des Transplantats.

Begründet wird dieser Effekt der Transplantatausdehnung und Tunnelausweitung durch die extraanatomische, gelenkferne Fixationstechnik (z.B. Endobutton<sup>TM</sup>) der Semitendinosussehne und die Eigenelastizität dieser Sehne (HÖHER et al. 1998, BOSZOTTA 2005).

Die gelenkferne, extrakortikale Verankerungstechnik mittels Endobutton® kann jedoch nicht alleine für das Auftreten einer Bohrkanalausweitung verantwortlich gemacht werden. Im Rahmen einer vergleichenden Studie nach vorderer Hamstring-Kreuzbandplastik mit gelenknaher Pinfixation (RigidFix®) und gelenkferner Ankerfixation (Endobutton®) wurde kein Unterschied der beiden Fixationstechniken bezüglich der Tunnelausweitung beschrieben (BASAD et al. 2010).

In einer klinischen Studie von NEBELUNG (1998) wurde bei 72% der Patienten nach Kreuzbandersatzplastik mit Semitendinosussehne eine signifikante „klare“ Bohrkanaalerweiterung um mehr als 2,5 mm festgestellt. Auch in der hier vorliegenden Studie zeigte sich, 8 – 12 Jahre postoperativ, bei 55,3% der Studienteilnehmer eine Bohrkanaalausweitung um mehr als 2,5 mm. Allerdings konnte - wie auch in der Studie von NEBELUNG (1998) - kein Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen der Bohrkanaalausweitung und den KT-1000<sup>TM</sup> Ergebnissen oder der IKDC-Gesamtbewertung festgestellt werden.

Eine Aussage zur strukturellen Umwandlung der eingesetzten Kreuzbandplastik im Zeitverlauf könnte durch eine Rearthroskopie getroffen werden. Dies sollte in einer nachfolgenden Langzeitstudie, z.B. unter Verwendung des Marburger Arthoscopy Scores (ZIRING et al. 2001, ISHAQUE et al. 2000) weiter erforscht werden.

## **4.2. Kritische Betrachtung der Ergebnisse**

Langzeituntersuchungen haben generell das Problem einer geringen Rekrutierungsquote. Diese Problematik verstärkt sich, wenn die Datenlage begrenzt ist. Nach Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien standen 149 Patientenakten für die Studie zur Verfügung. Aufgrund des langen Zeitabstandes von 8-12 Jahren zwischen der Operation der VKB-Ersatzplastik und dem Nachuntersuchungszeitpunkt war es nicht möglich, alle operierten Patienten zu erreichen.

Die Rekrutierungsquote lag hier dennoch bei 34,9%.

Das in dieser Studie nachuntersuchte Patientenkollektiv war zum Zeitpunkt der Operation überwiegend zwischen 20 und 40 Jahren alt und bestand vorrangig aus sportlich aktiven Personen und aus solchen, die eine baldige Rückkehr zu sportlicher Aktivität anstrebten.



Kritisch zu betrachten ist, dass

- durch die überwiegend guten bis sehr guten Operationsergebnisse eine statistisch signifikante Beurteilung möglicher Zusammenhänge erhobener Parameter limitiert wird.
- die Aussagekraft der Ergebnisse durch den retrospektiven Aufbau der Studie beeinflusst wird. Anamnestisch erhobene Daten beziehen sich teilweise auf die Zeit vor der Operation, woraus sich möglicherweise aufgrund des großen Zeitfensters Ungenauigkeiten ergeben.
- die relativ geringe Anzahl der untersuchten Patienten eine statistisch relevante Aussage der erhobenen Daten erschwert.
- bei dem IKDC-Evaluationsbogen ein wesentlicher Abschnitt aus der subjektiven Bewertung der Funktionalität und Stabilität des operierten Kniegelenks durch den Patienten selbst besteht. Durch individuelles Schmerzempfinden, unterschiedliche Erwartungshaltung und unterschiedliche Inanspruchnahme des operierten Knies fällt die IKDC-Gesamtbewertung in Einzelfällen schlecht aus trotz guter Ergebnisse der Untersuchung des Bandapparates und unauffälliger radiologischer Auswertung.

Um weitere Fehlerquellen einzuschränken, wurden bestimmte Vorgaben für die Nachuntersuchung aufgestellt:

- die Befragung und Nachuntersuchung des gesamten Patientenkollektivs wurde stets von dem gleichen Untersucher durchgeführt.
- um eine größere Distanz zum Operationsergebnis zu gewährleisten, war der Untersucher nicht der Operateur.
- jeder Patient wurde unter Berücksichtigung fester Ein- und Ausschlusskriterien in die Studie ein- oder ausgeschlossen.

### **4.3. Fazit hinsichtlich der eingangs formulierten Fragestellungen**

#### **1) Verhindert die operative Restabilisierung mit der Semitendinosussehnenplastik des Kniegelenkes eine vorzeitige Arthroseentwicklung?**

Die Arthroseentwicklung hängt mit dem Ausmaß der Begleitverletzungen zusammen. Je mehr zusätzliche Verletzungen des Kniegelenkes vorliegen, desto schneller schreiten die degenerativen Veränderungen des Kniegelenkes voran. Zudem darf das iatrogene Trauma beim Einbringen der Kreuzbandersatzplastik nicht vernachlässigt werden und ist stets bei der Indikationsstellung zur VKB-Ersatzplastik zu beachten (DIEKSTALL und RAUHUT 1999, FINK et al. 1994, MYKLEBUST 2003, JÄGER et al. 2005, MEUNIER et al. 2007).

Das Risiko einer Gonarthrose steigt nach VKB-Ruptur um das 10-fache im Vergleich mit der gleichaltrigen, unverletzten Bevölkerung (GILLQUIST und MESSNER 1999). Für die erhöhte Rate an Wiederverletzungen und folglich auftretender Arthrose nach VKB-Ruptur wird vor allem die Instabilität verantwortlich gemacht (FINK et al. 1994). Im Vergleich von FINK et al. (1994) zwischen operativer und konservativer Therapie konnten arthrotische Veränderungen nach VKB-Ruptur weder durch konservatives Therapieregime noch durch eine rekonstruktive Technik vermieden werden.

In der konservativ behandelten Gruppe fiel ein signifikanter Zusammenhang von Sportaktivität und Arthrosegrad auf. Je höher die Sportaktivität eines Patienten mit VKB-Ruptur bei konservativer Behandlung, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer arthrotischen Veränderung des Kniegelenks. Diese Beziehung zur Sportausübung konnte für die operierte Patienten-Gruppe nicht festgestellt werden (FINK et al. 1994). Zwar wies ein höherer Anteil der OP-Patienten radiologische Veränderungen auf, der relative Anteil schwerer degenerativer Veränderungen war jedoch geringer bei den operierten Patienten.

So ist bei der Entscheidungsfindung für oder gegen eine Operation zu berücksichtigen, dass das Risiko für eine Gonarthrose bei nicht operativ behandelten vorderen Kreuzbandrupturen nach 20 Jahren bei 60 - 100% liegt. Im Vergleich weisen die Patienten, die sich einer operativen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes unterzogen, nur ein Risiko von 14 – 16% und nach zusätzlicher Menishektomie von 37% für eine Kniegelenksarthrose auf (LOUBOUTIN et al. 2009).

Diese Studie ergab, dass nach einem längeren Zeitraum von 8-12 Jahren nach der Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes mittels Semitendinosussehne bei 32 Studienteilnehmern (65,3%) zwar eine Zunahme des Arthrosegrades nach modifizierter Fairbankskala zu erkennen war, bei 17 Patienten (34,7%) jedoch keine Verschlechterung der degenerativen Veränderungen vorlag.

Diese Ergebnisse unterstreichen die These, dass der Verlauf degenerativer Veränderungen der Kniegelenksflächen durch die Kreuzbandersatzplastik verzögert werden kann.

Des Weiteren lässt die Studie die Schlussfolgerung zu, dass bei der Indikation zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes das Alter, das Aktivitätsniveau und der Gelenkstatus des Patienten zu berücksichtigen sind, wie auch LOBENHOFFER und AGNESKIRCHNER (2005) und FINK et al. (1994) betonen. So ist die arthroskopisch assistierte Kreuzbandersatzplastik vor allem bei jüngeren Patienten mit hoher körperlicher Aktivität indiziert, da diese Patientengruppe unter konservativer Therapie mit großer statistischer Wahrscheinlichkeit Sekundärschäden, insbesondere an den Menisken, entwickelt.

## **2) Welche Risikofaktoren beeinflussen eine erfolgreiche Restabilisierung des Kniegelenks nach VKB-Ruptur?**

Bei der Studienkonzeption bestand die Annahme, dass eine erfolgreiche Restabilisierung des Kniegelenkes nach VKB-Ruptur unabhängig vom Operationsergebnis und postoperativem Rehabilitationsverlauf beeinflusst wird durch:

- *perioperative Einflussfaktoren, wie Alter, Geschlecht und Body-Mass-Index*

Zur Überprüfung möglicher perioperativer Einflussfaktoren auf eine erfolgreiche Restabilisierung des Kniegelenks nach VKB-Ruptur wurden drei Modelle aufgestellt (siehe 3.5. LOGISTISCHE REGRESSION). Zielgrößen waren das „Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung“ sowie die Ergebnisse des „Noyes Scores“ und der „IKDC-Abschlussbewertung“. Als angenommene perioperative Einflussfaktoren wurden das Alter, das Geschlecht und der Body-Mass-Index in die Berechnung einbezogen.

Für das Patientenkollektiv dieser Studie konnten allerdings keine Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den genannten Zielgrößen und Einflussfaktoren gefunden werden.

- *das Ausmaß der Begleitverletzungen*

Besonders Patienten mit mehreren Begleitverletzungen zeigten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine erhebliche Zunahme der degenerativen Veränderungen des Kniegelenks.

- *den gewählten Operationszeitpunkt*

Bei der Korrelationsanalyse von JÄGER et al. 2005 ergab sich eine hoch signifikant positive Korrelation zwischen dem Zeitpunkt der operativen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes nach dem Unfall und dem Ausmaß der Gonarthrose. Hingegen konnte 8-12 Jahre nach Rekonstruktion des VKB kein Zusammenhang zwischen dem gewählten Operationszeitpunkt und dem Ausmaß der Arthrose festgestellt werden. Die Altersstruktur war jung. 53,8% der Patienten waren zum Nachuntersuchungszeitpunkt 8-12 Jahre postoperativ jünger als 40 Jahre. Zudem wird das Korrelationsergebnis durch die im Verhältnis geringe Anzahl an Patienten (19,2%) beeinflusst, die nach „chronischer Instabilität“ (Operationszeitpunkt mehr als 8 Wochen nach dem Verletzungszeitpunkt) operiert wurden.

Weiterhin wurde bei der Studienkonzeption angenommen, dass eine erfolgreiche Restabilisierung des Kniegelenkes nach VKB-Ruptur abhängig vom Operationsergebnis beeinflusst wird durch:

- *das Vorliegen eines radiologisch bestimmten Impingements*

In der Literatur besteht Einigkeit, dass die Bohrkanalplatzierung einen wesentlichen Faktor für den Operationserfolg darstellt (LOBENHOFFER und AGNESKIRCHNER 2005, FINK et al. 2005, PÄSSLER und HÖHER 2004).

Die geringe Fallzahl von „severe“ Impingement (3,9%) in unserer Studie erlaubt keine abschließende Aussage.

- *die Ausweitung des Bohrkanals*

Die radiologische Auswertung der Bohrkanalweite fand unter der Hypothese statt, dass eine Ausweitung des Bohrkanals im Langzeitverlauf zu einer Laxizität des Transplantats und damit zu einer subjektiven und objektiven Instabilität des operierten Kniegelenks führt.

Die Messung der Tunnelweite ergab zum Operationszeitpunkt und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine durchschnittliche Differenz von 3,0 mm und eine maximale Zunahme von 6,8 mm. Trotz der signifikanten Ausweitung des Bohrkanals im Laufe der Jahre zeigte sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei 84,6% der Patienten ein fester Anschlag im Lachman-Test und eine Seitendifferenz von 0 - 3 mm der "vorderen Schublade" bei maximalem Kraftaufwand mit dem KT-1000<sup>TM</sup> Arthrometer. Wie auch in der Studie von NEBELUNG (1998) konnte kein Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen der Bohrkanalausweitung und den KT-1000<sup>TM</sup> Ergebnissen oder der IKDC-Gesamtbewertung festgestellt werden.

Es ist davon auszugehen, dass die Langzeitergebnisse auch in starkem Maße von der Motivation der einzelnen Patienten zur Rückkehr ins Berufsleben, dem damit verbundenen Engagement bei der Nachbehandlung, der sportlichen Aktivität und damit der körperlichen Konstitution beeinflusst werden.

## 5. Zusammenfassung

**Einleitung:** Für die Versorgung von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes (VKB) existieren unterschiedliche Behandlungskonzepte. Das Ziel dieser Studie ist die Bestimmung der Risikofaktoren für das Ergebnis im Langzeitverlauf 8-12 Jahre nach autologer Semitendinosussehnenersatzplastik des vorderen Kreuzbandes. 149 Patienten der Justus-Liebig-Universität wurden zum Nachuntersuchungstermin eingeladen, davon erschienen 60 Patienten. Ausgewertet wurden die Daten von 52 Patienten (38 Männer und 14 Frauen), die im Mittel zum Zeitpunkt der Operation 29,6 Jahre und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 39,4 Jahre alt waren. Die Nachuntersuchung fand durchschnittlich 117 (Spannweite: 93 – 152, Median: 111) Monate nach dem arthroskopisch durchgeführten Kreuzbandersatz statt.

**Methoden:** Der Therapieerfolg wird einerseits anhand der subjektiv vom Patienten beantworteten Fragen zur Funktionalität und Beschwerdesymptomatik sowie andererseits durch erhobene Aktivitätsscores beurteilt (Anamnesebogen, Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm, Noyes-Score). Einzelbefunde zur Bandstabilität (klinische Untersuchung, KT-1000<sup>TM</sup>-Messung), zur Kniebeweglichkeit und zu Symptomen der Transplantatentnahmestelle ergänzen die Gesamtbeurteilung durch den IKDC-Evaluationsbogen. Mit Hilfe des Röntgenbildes ist ein Vergleich zwischen den Ablichtungen des Kniegelenkes unmittelbar postoperativ und zum Zeitpunkt dieser Nachuntersuchung möglich. Besondere Berücksichtigung gilt dabei der Beurteilung der Arthroseentwicklung, der Bohrkanalplatzierung (Impingement nach Howell und Taylor) und der Bohrkanalausweitung.

**Ergebnisse:** Im Gesamtergebnis des IKDC-Scores erreichten 43 Studienteilnehmer (82,7%) die Kategorie „normal“ bzw. „fast normal“. Bei der subjektiven Bewertung der Kniefunktion ordneten sich 50 der Patienten (96,2%) der Kategorie „normal“ bzw. „fast normal“ zu. 24 Nachuntersuchte (46,2%) hielten ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau vor der VKB-Ruptur auch postoperativ nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahmen aufrecht.

Sowohl die Stabilitätsmessung mit dem KT-1000<sup>TM</sup>-Arthrometer als auch die klinische Untersuchung der Flexibilität zeigten in der Nachuntersuchung positive Ergebnisse.

Eine hohe Stabilität des Kniegelenks steht in Zusammenhang mit einem guten Ergebnis in der IKDC-Abschlussbewertung.

Zur Überprüfung möglicher perioperativer Einflussfaktoren wurden das „Aktivitätsniveau zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung“, die Ergebnisse des „Noyes Scores“ und die Ergebnisse der „IKDC-Abschlussbewertung“ auf einen Zusammenhang mit dem Alter, dem Geschlecht und dem Body-Mass-Index des Patienten getestet. Für das Patientenkollektiv dieser Studie konnte allerdings kein signifikanter Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen den genannten Zielgrößen und den Einflussfaktoren gefunden werden.

Sensibilitätsstörungen an der Transplantatentnahmestelle wurden von der Mehrheit der Patienten nicht empfunden oder nur als sehr gering angegeben.

Die klinische Relevanz der Bohrkanalausweitung ist unklar. Bei dem untersuchten Patientenkollektiv konnte zwischen den Tunnelausweitungen und der Stabilität des Kniegelenks zum einen und dem IKDC-Gesamtergebnis des jeweiligen Patienten zum anderen kein Zusammenhang festgestellt werden.

Trotz einer signifikanten Bohrkanalausweitung von durchschnittlich 3,0 mm im Laufe der Jahre zeigte sich zum Zeitpunkt unserer Nachuntersuchung bei 84,6% der Patienten ein fester Anschlag im Lachman-Test und eine Seitendifferenz von 0 - 3 mm der vorderen Schublade bei maximalem Kraftaufwand mit dem KT-1000<sup>TM</sup> Arthrometer.

Im Vergleich der Röntgenaufnahmen zwischen dem Zeitpunkt der Operation und dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung wiesen 34,7% der Studienteilnehmer keine Veränderungen des Röntgenbefundes auf. Obwohl sich bei Zweidrittel das Arthroseausmaß vergrößerte, verschlechterten sich von dieser Patientengruppe 84,4% lediglich um eine Kategorie der modifizierten Fairbankskala. Die klinischen Langzeitergebnisse erwiesen sich als stark abhängig vom Gelenkstatus zum Zeitpunkt der Restabilisierungsoperation. Das Ausmaß an Zusatzverletzungen wirkte sich deutlich negativ auf die Entwicklung von degenerativen Veränderungen des Kniegelenks aus. Zwischen dem gewählten Operationszeitpunkt und dem Ausmaß der Arthrose konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Die Struktur des hier untersuchten Patientenkollektivs bestand aus überwiegend jungen und sportlich aktiven Patienten, von denen nur 19,2% später als 8 Wochen nach dem Trauma der VKB-Ruptur operiert wurden.

**Schlussfolgerung:** Degenerative Veränderungen des Kniegelenks können auch durch die Restabilisierung des VKB nicht aufgehalten werden. Die Risikofaktorenanalyse ergibt einen höheren Progress degenerativer Verschleißerscheinungen des Kniegelenks im Langzeitverlauf, je größer das Ausmaß an Begleitverletzungen neben dem VKB-Riss ist. Allerdings steigt das Risiko für eine Gonarthrose bei nicht operativ behandelten vorderen Kreuzbandrupturen. Der vordere Kreuzbandersatz mittels autologer Semitendinosussehne ist nach Kenntnis der Langzeitergebnisse dieser Risikofaktorenanalyse eine komplikationsarme Technik mit geringer Entnahmemorbidität und günstigen Elastizitätseigenschaften des Transplantates. Die angewandte Operationsmethode ist als erfolgreich zu bewerten und führt zu einer hohen Patientenzufriedenheit, da die Patienten ihr Aktivitätsniveau wieder erreichen können.

## Summary

**Aim:** There are different treatment approaches for injuries of the anterior cruciate ligament (ACL). The aim of the study is the evaluation of risk factors in order to reach a successful outcome over the course of time of 8 to 12 years after the reconstruction of the anterior cruciate ligament with a semitendinosus tendon autograft. Out of 149 patients from the Justus-Liebig-University, who had been invited to follow-up examinations, attended 60 patients. The data of 52 patients (38 male and 14 female), who were averaged 29,6 years old by the time of surgery and 39,4 years old by the time of the follow-up examination, had been evaluated. The follow-up examination occurred on average 117 (range: 93 – 152, median: 111) months after the arthroscopic cruciate ligament replacement.

**Material and method:** The success of the therapy was evaluated subjectively by patients who answered questions about the functionality and complaints concerning the operated knee joint on the one hand and was evaluated by using collected data of the activity score (patients questionnaire, activity score by Tegner and Lysholm, Noyes-score) on the other hand. Individual findings about the stability of the ligament (clinical examination, KT-1000<sup>TM</sup> -measurement), the flexibility of the knee and about



symptoms of the anterior knee complete the overall assessment with the help of the IKDC-evaluation sheet. By means of the x-ray technology you can directly compare the knee joint proximately after surgery and the knee joint by the time of the follow-up examination. The risk of the osteoarthritis progress, the tunnel position and the tunnel widening are explicitly taken into account.

**Results:** As overall result of the IKDC score, 43 study participants (82.7%) reached the category of "normal" or "nearly normal". In the subjective evaluation of knee functionality were 50 of the patients (96.2%) assigned to the category of "normal" or "nearly normal". 24 of the examined patients (46.2%) kept their original level of activity before the ACL rupture also post-operatively after the completion of the rehabilitation upright.

Both the stability measurement with the KT-1000<sup>TM</sup>-arthrometer as well as the clinical examination of the flexibility demonstrated positive study results in regard of the follow-up examination.

A high stability of the knee joint which was measured with the KT-1000<sup>TM</sup>-arthrometer is related to a good result of the IKDC overall evaluation.

Possible perioperative influencing factors on a successful restabilization of the knee joint after the ACL rupture needed to be verified. Therefore, the level of activity by the time of the follow-up examination, the results of the Noyes-score and the results of the IKDC overall evaluation had been tested on a connection to age, sex and body mass index of the patients. No hints on a possible relation between the named values and influencing factors could be found based on the patient sample.

The majority of the patients did not feel at all or only slightly sensory disturbance at the donor site.

The clinical relevance of the tunnel widening is vague. Referring to the analyzed patient sample no connection could be identified between the tunnel widening and the stability of the knee measured with the KT-1000<sup>TM</sup>-arthrometer on the one hand and between the tunnel widening and the IKDC overall outcome of each patient on the other hand.

In spite of the significant tunnel widening average of 3,0 mm over the years, a fixed stop in the Lachman-test and a side difference of 0 - 3 mm of the anterior drawer with maximal effort measured by the KT-1000<sup>TM</sup>-arthrometer was noticed.

In comparison to the x-ray by the time of the surgery and the x-ray by the time of the 8 to 12 years post-operatively follow-up examination, 34,7% of the study participants

showed no modification in their x-rays. Two-thirds of the patients showed an osteoarthritis scale up. However, only 84,4% of this patient group showed a worsening by one category according to the Fairbank scale. The clinical long-term results are strongly dependent on the joint status at the time of the surgery. The size of additional injuries showed a clearly negative effect on the development of degenerative modifications of the knee joint. A connection between the time of surgery and the size of osteoarthritis could not be detected in this study 8 to 12 years after ACL surgery. The age pattern of the patient sample obtained mostly young and athletic patients from which only 19,2% had surgery later than 8 weeks after the trauma of the ACL rupture.

**Conclusion:** Degenerative changes of the knee can not be stopped by the ACL replacement. The analysis of risk factors shows higher progress of degenerative appearance of consumption concerning the knee joint in long-term studies, the bigger the size of concomitant injuries beside the ACL rupture is. However, the risk of an osteoarthritis rises for a patient who has an ACL rupture and has not had surgery. With the knowledge of long-term results drawn out of this analysis of risk factors, the ACL reconstruction by using the autologous semitendinosus tendon illustrates a technique with a little complication rate, with low donor site morbidity and favorable elasticity quality of the graft.

Due to the high satisfaction level of the patients regarding the maintenance of an almost unrestricted level of activity or at least subjective adequate level of activity for the patient, the applied surgical method can be considered as successful.

## 6. Abkürzungsverzeichnis

|              |  |
|--------------|--|
| Abb.         | Abbildung                                  |
| BMI          | Body-Mass-Index                            |
| BPTB-Technik | Bone-Patella-Tendon-Bone-Technik           |
| HKB          | Hinteres Kreuzband                         |
| IKDC         | International Knee Documentation Committee |
| Kl.          | Klasse                                     |
| KS           | Knorpelschaden                             |
| M.           | Musculus                                   |
| Mm.          | Musculi                                    |
| NU           | Nachuntersuchung                           |
| OP           | Operation                                  |
| STS          | Semitendinosussehne                        |
| VKB          | Vorderes Kreuzband                         |

## 7. Literaturverzeichnis

AGLIETTI P, ZACCHEROTTI G, MENCHETTI PPM, DE BIASE P:  
A comparison of clinical and radiological parameters with two arthroscopic techniques for anterior cruciate ligament reconstruction.

Knee Surg, SportsTraumatol, Arthroscopy 3: 2-8 (1995)

AHLÉN M, KARTUS J, EJRHED L, KARLSSON J, SERNERT N:  
Knee laxity measurements after anterior cruciate ligament reconstruction using either bone-patellar-tendon-bone or hamstring tendon autografts, with special emphasis on comparison over time.

Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy 17: 1117-1124 (2009)

ÅHLÉN M, LIDÉN M:  
A comparison of the clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon autograft with special emphasis on the timing of the reconstruction.

Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy 19: 488-494 (2011)

ALMQVIST KF et al.:

A long-term study of anterior cruciate ligament autograft reconstruction.

Knee Surg, SportsTraumatol, Arthroscopy 17: 818-822 (2009)

ANDERSON AF, SNYDER RB, FEDERSPIEL CF, LIPSCOMB AB:  
Instrumented evaluation of knee laxity: a comparison of five arthrometers.  
Am J Sports Med 20:135-140 (1992)

BASAD E, KIPPER A, WÜSTEN OA, STÜRZ H, ISHAQUE BA:  
Vergleichende Studie nach vorderer Hamstring-Kreuzbandplastik mit RigidFix® (Pinfixation) und EndoButton® (Ankerfixation)  
Z Orthop Unfall 148: 276-281 (2010)

BOHNSACK M, RÜHMANN O, LÜCK K, WIRTH CJ:  
Einfluss des Alters auf das Ergebnis der Rekonstruktion des VKB.  
Orthop ihre Grenzgeb. 140, 2: 194-198 (2002)

BOSCH U:

Arthrofibrose.

Orthopäde 8, 31: 785-790 (2002)

BOSZOTTA H:

Probleme bei vorderer Kreuzbandplastik.

Arthroskopie 1, 18:36-40 (2005)

BOWERS AL, SPINDLER KP, MCCARTY EC, ARRIGAIN S:  
Height, weight, and BMI predict intra-articular injuries observed during ACL reconstruction.

Clin J sport Med 15, 1: 9-13 (2005)

BURGER C, PROKOP A, ANDERMAHR J, JUBEL A, REHM KE:  
100 Jahre Kreuzbandchirurgie: Die Beantwortung der wichtigsten Fragen in der  
Literatur der 90er Jahre.  
Akt Traumatol 30: 73-87 (2000)

BUZZI R, AGLIETTI P, VENA LM, GIRON F:  
Lateral collateral ligament reconstruction using a semitendinosus graft.  
Knee Surg, SportsTraumatol, Arthroscopy 12: 36-42 (2003)

CHO KO:  
Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis.  
J Bone Joint Surg Am 57: 608-612 (1975)

COOLEY VJ, DEFFNER KT, ROSENBERG TD:  
Quadrupled Semitendinosus Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: 5-Year-  
Results in Patients without Meniscus Loss.  
Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, Vol. 17, 8: 795-800  
(2001)

CRAWFORD C et al.:  
Anatomic double bundle ACL reconstruction: a literature review.  
Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 15: 956-964 (2007)

DANIEL DM, STONE ML, DOLSON BE, FITHIAN DC, ROSSMANN DJ,  
KAUFMANN KR:  
The fate of the ACL injured patient. A prospective outcome study.  
Am J Sports Med 22: 632-644 (1994)

DANIEL DM, STONE ML, SACHS R, MALCOLM L:  
Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior  
cruciate ligament disruption.  
Am J Sports Med 13: 401-407 (1985)

DIEKSTALL P, RAUHUT F:  
Überlegungen zur Differentialindikation der vorderen Kreuzbandplastik.  
Unfallchirurg 102: 173-181 (1999)

EBERHARDT C, JÄGER A, SCHWETLICK G, RAUSCHMANN M A:  
Geschichte der Chirurgie des vorderen Kreuzbandes.  
Orthopäde 8, 31: 702-709 (2002)

ERIKSSON E:  
Patellar tendon or quadriceps tendon grafts for ACL reconstruction.  
Knee Surg, SportsTraumatol, Arthroscopy 15: 1283 (2007)

EWERBECK V, WENTZENSEN A:  
Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie.  
Thieme Verlag, 3. Auflage, Stuttgart (2007)

FERRARI JD, BACH BR, BUSH-JOSEPH CA, WANG T, BOJCHUK J:  
Anterior cruciate ligament reconstruction in men and women: An outcome analysis comparing gender.  
Arthroscopy 17, 6: 588-596 (2001)

FERRETTI A, CONTEDECA F, DE CARLI A, FONTANA M, MARIANI PP:  
Osteoarthritis of the knee after ACL reconstruction.  
International Orthopaedics 15: 367-371 (1991)

FINK C, HOSER C, BENEDETTO KP:  
Arthroseentwicklung nach Ruptur des vorderen Kreuzbands.  
Unfallchirurg 97: 357-361 (1994)

FINK C, HOSER C, RUPP S:  
VKB-Plastik: Positionierung des Transplantats.  
Arthroskopie 1, 18: 15-20 (2005)

FREEMANN MAR, WYKE B:  
The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat.  
J Anat 101: 505 (1967)

FRIDÉN T, RYD L, LINDSTRAND A:  
Laxity and graft fixation after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A roentgen stereophotogrammetric analysis of 11 patients.  
Acta Orthop Scand 63: 80-84 (1992)

GÄBLER C:  
Injuries of the anterior cruciate ligament (ACL): What is the state of the Art?.  
Eur Surg 36/1: 4-13 (2006)

GILLQUIST J, MESSNER K:  
Anterior cruciate ligament reconstruction and the long-term incidence of gonarthrosis.  
Am J Sports Med 27: 143-156 (1999)

GOTS:  
GOTS News Archiv  
Gesellschaft Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin für Deutschland-Österreich-Schweiz, Oberursel (2007)

GRÜBER J, WOLTER D, LIERSE W:  
Der vordere Kreuzbandreflex (LCA-Reflex).  
Unfallchirurg 89: 551-554 (1986)

HARILAINEN A, LINKO E, SANDELIN J:  
Randomized prospective study of ACL reconstruction with interference screw fixation in patellar tendon autografts versus femoral metal plate suspension and tibial post fixation in hamstring tendon autografts: 5-year clinical and radiological follow-up results.  
Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 14: 517-528 (2006)

HEFTI F, MÜLLER W:

Evaluation von Kniebandläsionen.

Orthopäde 22: 351-362 (1993)

HÖHER J, MÖLLER HD, FU FH:

Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction: fact or fiction?

Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 6: 231-240 (1998)

HOWELL SM, TAYLOR MA:

Failure of reconstruction of the anterior cruciate ligament due to impingement by the intercondylar roof.

J Bone Joint Surg [Am] 75: 1044-1055 (1993)

ISBERG J, FAXÈN E, BRANDSSON S, ERIKSSON B, KÄRRHOLM J, KARLSSON J:

KT-1000 records smaller side-to-side differences than radiostereometric analysis before and after an ACL reconstruction.

Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 14: 529-535 (2006)

ISHAQUE BA, ZIRING E, GOTZEN L, PETERMANN J:

Arthroskopische Klassifikation der VKB Ersatzplastik.

Arthroskopie 13: 159-165 (2000)

IWAHASHI T et al.:

Assessment of the „functional length“ of the three bundles of the anterior cruciate ligament.

Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 16: 167-174 (2008)

JÄGER A, KAPPLER C, WELSCH F:

Vordere Kreuzbandplastik: Langzeitprognose

Arthroskopie 1, 18: 53-59 (2005).

JÄGER M, WIRTH CJ:

Praxis der Orthopädie, Thieme, Stuttgart New York, 1. Aufl., S. 980, (1986)

JEROSCH J, DRESCHER H, SCHRÖDER M, LEWEJOHANN B:

Aktuelle Konzepte bei der Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur - Ergebnisse einer bundesweiten Studie.

Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 45: 48-57 (1994)

JUNG J, KOHN D:

Expertenbefragung zum Thema vorderer Kreuzbandersatz.

Arthroskopie 1, 18: 8-10 (2005)

KOHN D, SCHNEIDER G, DIENST M, RUPP S:

Diagnostik der Ruptur des vorderen Kreuzbandes.

Orthopäde 8, 31: 719-730 (2002)

KRÄMER KL, MAICHL FP:

Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie.  
Thieme Verlag, Stuttgart 1993

KÜLLMER K, LETSCH R, TUROWSKI B:

Which factors influence the progression of degenerative osteoarthritis after ACL surgery.

Knee Surg, Sports Traumatol Arthroscopy 2: 80-84 (1994)

LAXDAL G, SERNERT N, EJERHED L, KARLSSON J, KARTUS J T:

A prospective comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon grafts for anterior cruciate ligament reconstruction in male patients.

Knee Surg, Sports Traumatol Arthroscopy 15: 115-125 (2007)

LIDÉN M, EJERHED L, SERNERT N, LAXDAL G, KARTUS J:

Patella tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized study with a 7-year follow-up.

Am J Sports Med 35: 740-748 (2007)

L'INSALATA JC, KLATT B, FU FH, HARNER CD:

Tunnel expansion following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of hamstring and patellar tendon autograft.

Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 5: 234-238 (1997)

LOBENHOFFER P:

Kniebandverletzungen.

Chirurg 70: 219-230 (1999)

LOBENHOFFER P:

Complex instability of the anterior knee.

Orthopäde 31: 770-777 (2002)

LOBENHOFFER P, AGNESKIRCHNER JD:

Vorderes Kreuzband.

Arthroskopie 1 (2005)

LOBENHOFFER P, TSCHERNE H:

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Heutiger Behandlungsstand.

Unfallchirurg 96: 150-168 (1993)

LOUBOUTIN H, DEBARGE E, RICHOU J, SELMI TA, DONELL ST, NEYRET P, DUBRANA F:

Osteoarthritis in patients with anterior cruciate ligament rupture: a review of risk factors.

Knee 16: 239-244 (2009)

MAGNUSSEN RA, CAREY JL, SPINDLER KP:

Does autograft choice determine intermediate-term outcome of ACL reconstruction?

Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 19: 462-472 (2011)



MALCOLM LL, DANIEL DM, STONE ML, SACHS R:  
The measurements of anterior knee laxity after anterior cruciate ligament reconstructive surgery.  
Clin Orthop 196: 35-41 (1985)

MARUMO K, SAITO M, YAMAGISHI T, FUJII K:  
The “Ligamentization” Process in Human anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar and hamstring Tendons.  
Am J Sports Med 33: 1166-1173 (2005)

MEUNIER A, ODENSTEN M, GOOD L:  
Long-term results after primary repair or non-surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: a randomized study with a 15-year follow-up.  
Scand J Med Sci Sports 17: 230-237 (2007)

MIYASAKA KC, DANIEL DM, STONE ML:  
The incidence of knee ligament injuries in the general population  
Am J Knee Surg 43-48 (1991)

MÜLLER W:  
Verletzungen der Kreuzbänder.  
Zentralbl Chir 102: 974-981 (1977)

MYKLEBUST G:  
Clinical, Functional and Radiologic Outcome in Team Handball Players 6 to 11 Years after Anterior Cruciate Ligament Injury.  
Am J Sports Med 31: 981-989 (2003)

NAKAMURA N et al.:  
The location specific healing response of damaged articular cartilage after ACL reconstruction: short-term follow-up.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 16: 843-848 (2008)

NEBELUNG W:  
Bone Tunnel Enlargement After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Semitendinosus Tendon Using Endobutton Fixation on the Femoral Side:  
Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 14, No 8: 810-815 (1998)

PÄSSLER HH, HÖHER J:  
Intraoperative Qualitätskontrolle bei der Bohrkanalplatzierung zum vorderen Kreuzbandersatz.  
Unfallchirurg 4: 263-272 (2004)

PAPASTERGIOU S G et al.:  
Meniscal tears in the ACL-deficient knee: correlation between meniscal tears and the timing of ACL reconstruction.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 15: 1438-1444 (2007)

- PETERSEN W, TILLMANN B:  
Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes.  
Orthopäde 8, 31:710-718 (2002)
- PETERSEN W, ZANTOP T:  
Anatomische tibiale Tunnelplatzierung: Doppelbündelrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit einem Zielgerät.  
Arthroskopie 22: 241-244 (2009)
- PINCZEWSKI LA, DEEHAN DJ, SALMON LJ, RUSSELL VJ, CLINGELEFFER A:  
A five-year comparison of patellar tendon versus four-strand hamstring tendon autograft for arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament  
Am J Sports Med, Vol 30, No. 4: 523-536 (2002)
- POKAR S, WISSMEYER T, KRISCHAK G, KIEFER H, KINZL L, HEHL G:  
Die arthroskopisch gestützte Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands mittels autologer Patellarsehnenerersatzplastik.  
Unfallchirurg 4, 104: 317-324 (2001)
- RODEOE S, ARNOCZKY S, TORZILLI P, HIDAKA C, WARREN C:  
Tendon-healing in a bone tunnel. A biomechanical and histological study in a dog.  
J Bone Joint Surg Am 75: 1795-1803 (1993)
- SCHEFFLER S U, UNTERHAUSER F N, WEILER A:  
Graft remodelling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction.  
Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 16: 834-842 (2008)
- SCHILLER M, HOFMANN F:  
VKB-PLASTIK: Wahl des Ersatzmaterials.  
Arthroskopie 1, 18: 21-23 (2005)
- SHELBOURNE KD, PATEL DV:  
Timing of surgery in anterior cruciate ligament-injured knees.  
Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 3: 148-156 (1995)
- STROBEL MJ:  
Arthroskopische Chirurgie.  
Springer Verlag, Berlin Heidelberg (1998)
- STROBEL MJ, SCHULZ MS:  
VKB-Rekonstruktion mit dem Semitendinosus-Grazilis-Sehnentransplantat.  
Orthopäde 8, 31: 758-769 (2002)
- TESKE W, ANASTISIADIS A, LICHTINGER T, VON SCHULZE PELLENGAHR C,  
VON ENGELHARDT LV, THEODORIDIS T:  
Ruptur des vorderen Kreuzbandes – Diagnostik und Therapie.  
Orthopäde 39: 883-900 (2010)

VADALA A et al.:

The effect of accelerated, brace free, rehabilitation on bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using hamstring tendons: a CT study.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 15: 365-371 (2007)

WALDÉN M, HÄGGLUND M, MAGNUSSON H, EKSTRAND J:

Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 19: 11-19 (2011)

WEILER A, SCHEFFLER S, HÖHER J:

Transplantatauswahl für den primären Ersatz des VKB.

Orthopäde 8, 31: 731-740 (2002)

WOO SL, SAKANE M, RUDY T, FOX R, FU F:

Comparison of bone-patellar tendon-bone versus quadruple-hamstrings tendon for anterior cruciate ligament reconstruction.

Trans Orthop Res Soc 43: 99 (1997)

ZAFFAGNINI S,

Prospective and randomized evaluation of ACL reconstruction with three techniques: a clinical and radiographic evaluation at 5 years follow-up.

Knee Surg, Sports Traumatol Arthroscopy 14: 1060-1069 (2006)

ZANTOP T, PETERSEN W:

Die Nicht-Kontakt-Verletzung des vorderen Kreuzbandes:

Epidemiologie, Unfallmechanismen und Prävention.

Orthopädische Praxis 40, 1: 16-23 (2004)

ZIRING E, ISHAQUE BA, PETERMANN J, GOTZEN L:

Arthroskopische und klinische Evaluierung nach isoliertem, augmentiertem VKB-Ersatz.

Unfallchirurg 104: 158-166 (2001)

## **8. Abbildungsverzeichnis**

### **1. NETTER:**

Atlas der Anatomie des Menschen, Ciba-Geigy AG, Basel, Schweiz (1994, 1995)

### **2. RANGGER C, DANIEL DM, STONE ML, KAUFMAN K:**

Diagnosis of an ACL-disruption with KT-1000 arthrometer measurements.

Knee Surg, SportsTraumatol, Arthroscopy 1: 60-66 (1993)

### **3. AGLIETTI P, ZACCHEROTTI G, MENCHETTI PPM, DE BIASE P:**

A comparison of clinical and radiological parameters with two arthroscopic techniques for anterior cruciate ligament reconstruction.

Knee Surg, SportsTraumatol, Arthroscopy 3: 2-8 (1995)

## 9. Anhang

### Anamnesebogen

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_  
geb.: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Gewicht: \_\_\_\_\_ Größe: \_\_\_\_\_ Beruf: \_\_\_\_\_

Datum des Unfalls: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Datum der OP: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Unfallursache: ☐ Alltag ☐ Verkehr ☐ Nicht-Kontaktsport ☐ Kontaktsport ☐ Arbeit

Falls Sport die Unfallursache war. Welche Sportart?

\_\_\_\_\_

Zeit zwischen Unfall und OP: ☐ akut (0-2 Wo.) ☐ subakut (2-8 Wo.) ☐ chron. (> 8 Wo.)

Betroffenes Knie: ☐ rechts ☐ links Gegenseite: ☐ normal ☐ verletzt

Begleitverletzung neben der Ruptur des vorderen Kreuzbandes:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Folgeoperationen nach der ersten Kreuzbandrekonstruktion:

\_\_\_\_\_

Folgeverletzungen nach der ersten Kreuzbandrekonstruktion:

\_\_\_\_\_

Aktivitätsniveau: I. Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsportarten (z.B. Fußball)

II. Schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren

III. Leichtere körperliche Arbeiten, Joggen, Springen

IV. Alltagsaktivitäten, sitzende Tätigkeiten

Einschätzung des Akt.niveaus vor dem Unfall: ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV

Einschätzung des Akt.niveaus vor der OP: ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV

Einschätzung des Akt.niveaus heute: ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV

# Evaluationsbogen des IKDC

Quelle: Orthopäde (1993) 22: 351-362

## 1) subjektive Beurteilung durch den Patienten

|  |                               |                               |                               |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Wie funktioniert Ihr Knie?   | Normal                        | Fast normal                   | Abnormal                      | Deutlich abnormal             |
| Wie beeinflusst Ihr Knie Ihre Aktivität auf einer Skala von 0 bis 3? | 0<br><input type="checkbox"/> | 1<br><input type="checkbox"/> | 2<br><input type="checkbox"/> | 3<br><input type="checkbox"/> |

Sei die Leistungsfähigkeit Ihres gesunden Knies gleich 100 %, welche Prozentzahl hat dann Ihr operiertes Knie? \_\_\_\_\_ %

## 2) Symptome (Fehlen von signifikanten Symptomen bei höchster ausgeübter Aktivitätsstufe)

| Bei Aktivitätsniveau:  | I<br>Belastete<br>Rotation,<br>Kontakt-<br>sportarten | II<br>Schwere<br>körperliche<br>Arbeit, Tennis,<br>Skifahren | III<br>Leichtere<br>körperliche<br>Arbeit, Joggen,<br>Springen | IV<br>(oder schlechter)<br>Alltags-<br>aktivitäten,<br>sitzende<br>Tätigkeiten |
|------------------------|---|--|--|--|
| Keine Schmerzen        | <input type="checkbox"/>                              | <input type="checkbox"/>                                     | <input type="checkbox"/>                                       | <input type="checkbox"/>   |
| Keine Schwellung       | <input type="checkbox"/>                              | <input type="checkbox"/>                                     | <input type="checkbox"/>                                       | <input type="checkbox"/>   |
| Kein teilw. Giving way | <input type="checkbox"/>                              | <input type="checkbox"/>                                     | <input type="checkbox"/>                                       | <input type="checkbox"/>   |
| Kein kompl. Giving way | <input type="checkbox"/>                              | <input type="checkbox"/>                                     | <input type="checkbox"/>                                       | <input type="checkbox"/>   |

## 3) Bewegungsumfang

| Flexion/Extension                    | Betroffene Seite  | Gegenseite  |
|--------------------------------------|---|---|
| Streckausfall (anatom. Nullstellung) | <input type="checkbox"/> < 3° <input type="checkbox"/> 3 - 5° <input type="checkbox"/> 6 - 10° <input type="checkbox"/> > 10°     | <input type="checkbox"/> < 3° <input type="checkbox"/> 3 - 5° <input type="checkbox"/> 6 - 10° <input type="checkbox"/> > 10°     |
| Δ Flexionsausfall                    | <input type="checkbox"/> 0 - 5° <input type="checkbox"/> 6 - 15° <input type="checkbox"/> 16 - 25° <input type="checkbox"/> > 25° | <input type="checkbox"/> 0 - 5° <input type="checkbox"/> 6 - 15° <input type="checkbox"/> 16 - 25° <input type="checkbox"/> > 25° |

## 4) Untersuchung Bandapparat

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Δ Lachman (25° Flexion)         | <input type="checkbox"/> 1 - 2 mm <input type="checkbox"/> 3 - 5 mm <input type="checkbox"/> 6 - 10 mm <input type="checkbox"/> > 10 mm    |
| Vorderer Endpunkt               | <input type="checkbox"/> fest <input type="checkbox"/> weich   |
| Δ Totale a.p. Translation (70°) | <input type="checkbox"/> 0 - 2 mm <input type="checkbox"/> 3 - 5 mm <input type="checkbox"/> 6 - 10 mm <input type="checkbox"/> > 10 mm    |
| Δ Hinterer Durchhang (70°)      | <input type="checkbox"/> 0 - 2 mm <input type="checkbox"/> 3 - 5 mm <input type="checkbox"/> 6 - 10 mm <input type="checkbox"/> > 10 mm    |
| Δ Med. Gelenköffnung (Valg.)    | <input type="checkbox"/> 0 - 2 mm <input type="checkbox"/> 3 - 5 mm <input type="checkbox"/> 6 - 10 mm <input type="checkbox"/> > 10 mm    |
| Δ Lat. Gelenköffnung (Varus)    | <input type="checkbox"/> 0 - 2 mm <input type="checkbox"/> 3 - 5 mm <input type="checkbox"/> 6 - 10 mm <input type="checkbox"/> > 10 mm    |
| Pivot shift                     | <input type="checkbox"/> gleich <input type="checkbox"/> + Gleiten <input type="checkbox"/> ++ (dumpf) <input type="checkbox"/> +++ (laut) |
| Δ Reverse Pivot shift           | <input type="checkbox"/> (= neg.) <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> markant <input type="checkbox"/> massiv         |
|                                 | <input type="checkbox"/> (= pos.)  |

## 5) Kompartimentale Befunde

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Δ Krepitation ant. (patellofemoral) | <input type="checkbox"/> keine/seitengl. <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> schmerzhaft <input type="checkbox"/> stark |
| Δ Krepitation med. Kompartiment     | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> schmerzhaft <input type="checkbox"/> stark           |
| Δ Krepitation lat. Kompartiment     | <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> schmerzhaft <input type="checkbox"/> stark           |

## 6) Symptome bei Transplantatentnahmestelle

Druckdolenz, Irritation, Gefühlsstörung   ☐ keine   ☐ gering   ☐ mäßig   ☐ stark

## 7) Röntgenbefund

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Medialer Gelenkspalt  | <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4 mm <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm <input type="checkbox"/> < 2 mm |
| Lateraler Gelenkspalt | <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4 mm <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm <input type="checkbox"/> < 2 mm |
| Femoropatellar-Gelenk | <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4mm <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm <input type="checkbox"/> < 2 mm  |

## 8) Funktionstest

Einbeinsprung   ☐ 90 - 100 %   ☐ 76 - 89 %   ☐ 50 - 75 %   ☐ < 50 %  
(in % der gegenüberliegenden Seite)

**ABSCHLUSSBEURTEILUNG:**   ☐ normal   ☐ fast normal   ☐ abnormal   ☐ deutlich abnormal

(Gruppengrad richtet sich nach dem niedrigsten Grad innerhalb einer Gruppe)

## Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm

11 Abstufungen, Aktivitätslevel 10 - 0

0. Krankenschein oder Frührentner wegen der Knieverletzung
1. Arbeit: sitzende Tätigkeit  
Spazieren gehen auf ebenem Grund ist möglich
2. Arbeit: lockere Tätigkeit  
Spazieren auf unebenem Grund ist möglich, allerdings ist ein Waldspaziergang unmöglich
3. Arbeit: lockere Tätigkeit (z.B. Krankenpflege)  
In gelenkschonenden Sportarten, z.B. Schwimmen sind Wettkämpfe möglich  
Spazieren gehen im Wald ist kein Problem
4. Arbeit: mäßig schwere Arbeiten (z.B. LKW-Fahrer, schwere Hausarbeit)  
Breitensport: Fahrradfahren, Skilanglauf, Joggen auf ebenem Grund  
mindestens 2 mal wöchentlich
5. Arbeit: Körperlich schwere Arbeit (z.B. Bauarbeiter, Forstwirtschaft)  
Wettkampfsport: Fahrradfahren, Skilanglauf  
Breitensport: Joggen auf unebenem Grund mindesten 2 mal wöchentlich
6. Breitensport: Tennis und Badminton, Handball, Basketball, Alpinski, Joggen  
mindestens 5 mal Woche
7. Wettkampfsport: Tennis, Leichtathletik (Laufen), Motorcross, Handball, Basketball  
Breitensport: Fußball, Squash, Leichtathletik (Weitsprung, Hochsprung),  
Querfeldeinlauf entweder Breitensport oder Wettkampf
8. Wettkampfsport: Squash oder Badminton, Leichtathletik (Sprungdisziplinen),  
Alpinski
9. Wettkampfsport: Fußball, Ringen, Turnen, Eishockey
10. Wettkampfsport: Fußball auf nationaler oder internationaler Ebene

*Quelle: Krämer, Scores, Bewertungsschemata und Klassifikation in Orthopädie und Traumatologie, Thieme, 93*

**Bitte lesen Sie diesen Text genau durch und kreuzen Sie, dass für Sie zutreffende an.  
Danke**

## Score nach Noyes et al. (Cincinnati Sportsmedicine and Orthopedic Center-Score)

**Bitte kreuzen Sie in der rechten freien Spalte, dass für Sie Zutreffende an.  
Pro Themenblock (1 bis 4) bitte nur eine Angabe. Danke.**

### 1) Schmerz:

|  |    |  |
|--|----|--|
| kein Schmerz, normales Knie  | 20 |  |
| gelegentlich Schmerz bei anstrengendem Sport oder schwerer Arbeit, Knie nicht ganz normal, einige weniger bedeutende Einschränkungen ohne Auswirkung auf das alltägliche Leben           | 16 |  |
| gelegentlich Schmerz bei leichtem erholsamen Sport oder mäßig schweren Arbeiten, häufig in Begleitung von kraftaufwändigen Tätigkeiten, Joggen, schwerer Arbeit oder anstrengendem Sport | 12 |  |
| Schmerz, gewöhnlich beim Sport, leichten erholsamen Tätigkeiten oder mäßig schwerer Arbeit, gelegentliches Auftreten beim Gehen, Stehen oder leichter Arbeit                             | 8  |  |
| Simple Aktivitäten wie Gehen, Spazieren können nicht ohne Schmerzen ausgeübt werden, Pausen bringen Linderung (Sport ist unmöglich)  | 4  |  |
| Dauerhaft Schmerz beim Gehen, Stehen, in der Nacht, Pausen bringen keine Besserung   | 0  |  |

### 2) Schwellung:

|  |    |  |
|--|----|--|
| Keine Schwellung, normales Knie, 100 % aktiv   | 10 |  |
| Gelegentliche Schwellung bei anstrengendem Sport oder schwerer Arbeit, einige weniger bedeutende Einschränkungen ohne Auswirkungen auf das alltägliche Leben                                 | 8  |  |
| Gelegentliche Schwellung bei leichtem erholsamen Sport oder mäßig schweren Arbeiten, häufig in Begleitung von kraftaufwändigen Tätigkeiten, Joggen, schwerer Arbeit oder anstrengendem Sport | 6  |  |
| Schwellung schränkt Sport und mäßig schwere Arbeiten ein, seltenes Auftreten bei einfachem Spazierengehen und leichter Arbeit (ca. 3 mal/a)  | 4  |  |
| Schwellung schon bei einfachem Spazierengehen und leichter Arbeit, Besserung durch Pausen  | 2  |  |
| Dauerhafte Beschwerden   | 0  |  |

### 3) Giving-way:

|   |    |  |
|---|----|--|
| Kein giving-way, normales Knie, 100 % aktiv   | 20 |  |
| Gelegentliches giving-way bei anstrengendem Sport oder schwerer Arbeit, Sport nur unter ständiger Vorsicht mit leichten Einschränkungen   | 16 |  |
| Gelegentliches giving-way bei leichtem erholsamen Sport oder mäßig schweren Arbeiten, Kompensierung möglich, schränkt kraftaufwändige Aktivitäten ein, plötzliche Besserung nicht zu erwarten | 12 |  |
| Giving-way schränkt Sport und mäßig schwere Tätigkeiten ein, seltenes Auftreten schon bei Spazierengehen oder leichter Arbeit (3 mal/Jahr)  | 8  |  |
| Giving-way bei lockerem Spazierengehen und leichter Arbeit (1 mal/Monat), ständige Vorsicht   | 4  |  |
| Ständiges giving-way bei jeglichen Aktivitäten  | 0  |  |



#### 4) Sport/Aktivitätslevel

|   |    |  |
|---|----|--|
| - ohne Einschränkung, normales Knie, alle Tätigkeiten von anstrengendem Sport bis schwerer körperlicher Arbeit sind durchführbar  | 20 |  |
| - kraftaufwändige Aktivitäten sind möglich, aber auf einem niedrigeren Leistungslevel mit leichten Einschränkungen, Vorsicht muss geboten sein                                  | 16 |  |
| - leichte entspannte Aktivitäten sind selten symptomatisch, anstrengendere Aktivitäten machen Probleme, verschiedene Sportarten sind möglich, Arbeiten ist leicht eingeschränkt | 12 |  |
| - kein Sport oder erholende Aktivitäten möglich, Spaziergehen macht wenig Probleme, körperliche Arbeit möglich (z.B. Büro)  | 8  |  |
| - Spaziergehen, alltägliche Aktivitäten verursachen mäßig schwere Symptome, häufig Einschränkungen  | 4  |  |
| Spaziergehen, alltägliche Aktivitäten verursachen schwere Probleme, ständig symptomatisch   | 0  |  |

Hierbei sind die einzelnen 4 Unterthemen zu berücksichtigen und jeweils anzukreuzen.

#### 5) Funktion

|                       |  |      |      |
|-----------------------|--|------|------|
| <i>Gehstrecke</i>     | Normal, ohne Begrenzung  | 10   |      |
|                       | Leichte Probleme (fast unbedeutend)                                      | 8    |      |
|                       | Mäßige Probleme: ebene Gehstrecke bis zu 1 km zu meistern                | 6    |      |
|                       | Heftige Probleme: nur 200 m möglich                                      | 4    |      |
|                       | Heftige Probleme: Gehstock, Krücken erforderlich                         | 2    |      |
| -----                 | -----  | ---- | ---- |
| <i>Treppensteigen</i> | Normal, ohne Einschränkung   | 10   |      |
|                       | Leichte Probleme (fast unbedeutend)                                      | 8    |      |
|                       | Mäßige Probleme: nur 10 - 15 Stufen möglich                              | 6    |      |
|                       | Heftige Probleme: Geländer oder Gehhilfe erforderlich                    | 4    |      |
|                       | Heftige Probleme: nur 1 - 5 Stufen möglich                               | 2    |      |
| -----                 | -----  | ---- | ---- |
| <i>Laufen/Rennen</i>  | Normal, ohne Einschränkung, vollkommen belastbar                         | 5    |      |
|                       | Leichte Probleme: unter Vorsicht, aber Sport ist möglich                 | 4    |      |
|                       | Mäßige Probleme: nur 2 - 3 km möglich                                    | 3    |      |
|                       | Heftige Probleme: nur 200 - 400 m möglich                                | 2    |      |
|                       | Heftige Probleme: nur ein paar Schritte                                  | 1    |      |
| -----                 | -----  | ---- | ---- |
| <i>Hüpfen</i>         | Normal, ohne Einschränkung, vollkommen belastbar                         | 5    |      |
|                       | Leichte Probleme: unter Vorsicht, aber Sport ist möglich                 | 4    |      |
|                       | Mäßige Probleme: kein anstrengender Sport, aber erholsamer Sport möglich | 3    |      |
|                       | Heftige Probleme: betrifft jeglichen Sport, ständige Vorsicht            | 2    |      |
|                       | Heftige Probleme: nur leichte Aktivitäten möglich (z.B. Golf, Schwimmen) | 1    |      |

Quelle: Krämer, Scores Bewertungsschemata und Klassifikation in Orthopädie und Traumatologie, Thieme, 93

|                  |          |          |
|------------------|----------|----------|
| Bewertungsskala: | 90 - 100 | sehr gut |
|                  | 80 - 89  | gut      |
|                  | 70 - 79  | mäßig    |
|                  | < 70     | schlecht |

## Auswertungsformular

Name und Geburtsdatum des Patienten: \_\_\_\_\_

1) a. modifizierte Fairbank-Skala: post OP = , Nachunters. =

b. Klassifikation nach Jäger und Wirth: post OP = , Nachunters. =

2) IKDC-Bewertung:

a. post OP

|                       |                                 |                                 |                                   |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Medialer Gelenkspalt  | <input type="checkbox"/> normal | <input type="checkbox"/> > 4 mm | <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm | <input type="checkbox"/> < 2 mm |
| Lateraler Gelenkspalt | <input type="checkbox"/> normal | <input type="checkbox"/> > 4 mm | <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm | <input type="checkbox"/> < 2 mm |
| Femoropatellar-Gelenk | <input type="checkbox"/> normal | <input type="checkbox"/> > 4mm  | <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm | <input type="checkbox"/> < 2 mm |

b. bei Nachuntersuchung

|                       |                                 |                                 |                                   |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Medialer Gelenkspalt  | <input type="checkbox"/> normal | <input type="checkbox"/> > 4 mm | <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm | <input type="checkbox"/> < 2 mm |
| Lateraler Gelenkspalt | <input type="checkbox"/> normal | <input type="checkbox"/> > 4 mm | <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm | <input type="checkbox"/> < 2 mm |
| Femoropatellar-Gelenk | <input type="checkbox"/> normal | <input type="checkbox"/> > 4mm  | <input type="checkbox"/> 2 - 4 mm | <input type="checkbox"/> < 2 mm |

3) Impingementauswertung: ☐ absent ☐ moderate ☐ severe

4) modifizierte Impingementauswertung: Abschnitt ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV

5) femorale Bohrkanalplatzierung:

a. Prozentangabe,  $AB/AC \times 100 =$

b. Einteilung in 3 Abschnitte auf Blumensaatlinie: ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV

6) Tunnelausweitung:           breiteste Stelle des Bohrkanals post OP =  
  breiteste Stelle des Bohrkanals bei Nachuntersuchung =

Wurde eine 3fach oder 4fach Sehne verwendet? ☐ 3 fach ☐ 4 fach

Beschreibung der Lage der Tunnelauswölbung:

## 10. Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.

Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Krefeld, 05. 11. 2012

Steffen Meißner

## **11. Danksagung**

Ganz herzlich möchte ich Herrn Prof. Dr. med. H. Stürz, dem ärztlichen Leiter der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen, für die Möglichkeit der Durchführung der Arbeit in seiner Klinik danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. B. Ishaque und Herrn Dr. med. E. Basad für die Überlassung der Doktorarbeit und die freundliche Unterstützung während meiner Zeit als Doktorand.

Ebenso bedanke ich mich herzlich bei den Mitarbeitern der Röntgen- und Ambulanzabteilung für ihre freundliche Mithilfe sowie Herrn Dr. med. R.-H. Bödeker, Institut für Med. Informatik, AG Medizinische Statistik, des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen, für die Beratung bei der statistischen Auswertung.